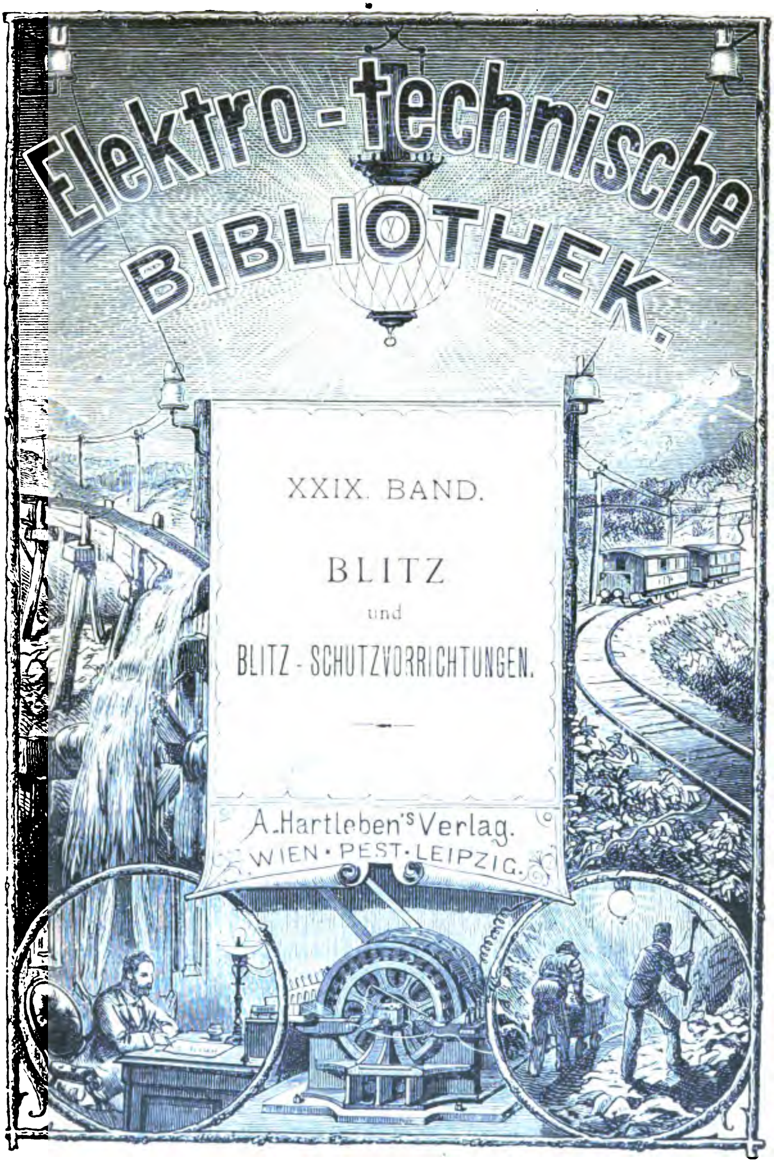


XXIX. BAND.

BLITZ

und

BLITZ-SCHUTZVORRICHTUNGEN.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. Hartleben's Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustrirten Bänden, geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.; eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop.
Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. 4. Auflage. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermosäulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermoelektrischen Stromquellen, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck. 2. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze. 2. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Ed. Japing 2 Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 2. Aufl. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. von Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Prof. Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. — XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektricität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartze. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabel-Telegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektricität. Von Dr. Gustav Albrecht — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. von Urbanitzky. u. s. w. u. s w.

Die Sammlung kann auch in Lieferungen à 30 Kr. ö. W. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. bezogen werden.
Einzelne Werke werden nur in der Bandausgabe abgegeben.
Einbanddecken pro Band 40 Kr. = 75 Pf. = 1 Fr. = 45 Kop.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.



Prokop Divisch.

BLITZ

und

BLITZ-SCHUTZVORRICHTUNGEN.

Von

Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.

Mit 80 Abbildungen.

WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1886.

K. k. Hofbuchdruckerei Carl Fromme.

Vorwort.

„Die Brandschäden durch den Blitz belaufen sich für die Provinz Schleswig-Holstein allein, auf jährlich 250.000 bis 300.000 Mark, was sich theils aus den vollständig zu übersehenden Zahlungen für Immobiliarversicherung, theils aus den weniger vollständig bekannten der Mobiliarversicherung ergiebt. Man wird hiernach die in ganz Deutschland jährlich durch die Gewitter verursachten Brandschäden mit 6 bis 8 Millionen Mark eher zu niedrig als zu hoch anschlagen. Dieser Verlust stellt ein so bedeutendes wirthschaftliches Object dar, dass es gewiss nothwendig wird, ernstlich an Mittel zur Verminderung der Schäden zu denken, umsomehr, als nach den übereinstimmenden Beobachtungen aus den verschiedensten Gegenden eine stetige Zunahme der Blitzschäden stattfindet." In dieser Weise äusserte sich Karsten in der Sitzung des Elektrotechnischen Vereines in Berlin vom 24. März 1885 gelegentlich eines Berichtes über Blitzschäden. Aus v. Bezold's Untersuchungen, welche sich über einen Zeitraum von circa fünfzig Jahren (1833 bis 1882) erstrecken, ergab sich, dass die Anzahl der zündenden Blitze in dieser Zeit eine nahezu stetige Zunahme erfahren hat, so zwar, dass die Gefährdung durch Blitz auf mehr als das Drei-

fache gestiegen ist. Zu solchen und ähnlichen Resultaten gelangten auch W. Holtz, L. Weber u. A.

Unter diesen Umständen dürfte es daher wohl gerechtfertigt erscheinen, die Aufmerksamkeit auf jene Schutzmittel zu lenken, welche Menschen und deren Eigenthum vor derartigen Elementarschäden zu bewahren im Stande sind. Obwohl nun aber der Blitzableiter dem Principe nach ein höchst einfacher und allgemein bekannter Apparat ist, begegnet man bezüglich seiner Wirkungsweise doch nur zu häufig überraschend unklaren, um nicht zu sagen falschen Vorstellungen. Dies führt aber dazu, dass die Anlage von Blitzableitern sehr oft, weil auf irrigen Vorstellungen beruhend, eine ganz verfehlte wird und daher nicht nur ihrem Zwecke keineswegs entspricht, sondern sogar häufig die Blitzgefahr erhöht. Folge davon sind Blitzschäden auch an solchen Objecten, die mit sogenannten Blitzableitern versehen sind. Der Blitz folgt dem mangelhaften Blitzableiter auf eine grössere oder geringere Länge, verlässt aber denselben, sobald sich ihm irgend ein bequemerer Weg zur feuchten Erde darbietet und hinterlässt entsprechend der Grösse des Widerstandes, den er auf der selbstgewählten Bahn findet, die Spuren seines Durchganges. Bei sehr mangelhaften Anlagen kommt es wohl auch vor, dass der Blitz mit vollständiger Umgehung des „Blitzableiters" auf das betreffende Object niederfährt. Dann hält der mit den Eigenschaften des Blitzes und der Wirkungsweise des Blitzableiters nicht bekannte Laie letzteren für überflüssig oder gar gefährlich und verhindert dadurch die Weiterverbreitung der segensreichen Erfindung Franklin's; als Verdienst dieses grossen Geistes galt und gilt nämlich immer die Erfindung

des Blitzableiters — und mit Recht; aber nicht mit Recht vergisst man stets darauf, dass noch ein anderer Mann genau dasselbe Verdienst auch für sich in Anspruch zu nehmen vollberechtigt ist. Er heisst Prokop Divisch. Diesem genialen Landsmanne zur bisher vorenthaltenen, wohlverdienten Anerkennung zu verhelfen, betrachtete der Verfasser, angeregt durch eine Abhandlung des Herrn Professors Dr. Jul. Friess, als Ehrenpflicht und widmete daher dieser Angelegenheit im ersten Abschnitte vorliegenden Werkes einen grösseren Raum, als sonst wohl gerechtfertigt erscheinen möchte.

Die übrigen Abschnitte aber sollen dem Leser das Wesen und Verhalten des Blitzes in den Hauptzügen vorführen, ihn mit der Aufgabe und Wirkungsweise des Blitzableiters bekannt machen und in die Lage versetzen, Blitzschutzvorrichtungen in rationeller Weise ausführen und erhalten zu können. Mit dem Wunsche, vorliegendes Buch möge zur Erreichung dieser Zwecke ein klein wenig beitragen, übergebe ich es hiermit der Oeffentlichkeit.

Dr. A. Ritter v. Urbanitzky.

Inhalt.

III. Aufgabe und Wirkungsweise eines Blitzableiters.

IV. Der Blitzableiter und seine Bestandtheile.

V. Die Anlage von Blitzschutzvorrichtungen.

VI. Prüfung der Blitzableiter.

VII. Anhang.

Illustrationsverzeichniss.

I. Geschichte der Blitzschutzvorrichtungen.

Blitz und Donner, Elmsfeuer und Nordlicht sind Naturerscheinungen, welche der Aufmerksamkeit der ältesten Völker ebensowenig entgehen konnten, wie jenen Völkern, die gegenwärtig den Erdball bewohnen. Und so finden sich in der That auch in. den ältesten Schriften Beschreibungen dieser Erscheinungen, welchen sich später Theorien und Erklärungsversuche anschlossen, bis es endlich im XVIII. Jahrhunderte gelang, die Identität des Blitzes mit dem elektrischen Funken zu erkennen und durch Beobachtung und Experimente zu beweisen. Diese Erkenntniss ist und bleibt eine Errungenschaft der Neuzeit trotz vieler Versuche, die von verschiedenen Seiten unternommen wurden, um den Nachweis einer tiefen Einsicht der Alten in die Gesetze der Natur, speciell der Elektricität, nachzuweisen. Moses soll ein grosser Experimentator gewesen sein, der es verstanden habe, kolossale elektrische Batterien zu construiren, sie mit atmosphärischer Elektricität zu laden und ihre mächtigen Blitze (Entladungsschläge) zur Zähmung oder Bestrafung widerspänstiger Israeliten zu gebrauchen. Die Erbauer des Salomonischen Tempels sollen bereits das Melsens'sche System der vielfachen Spitzenblitzableiter praktisch verwerthet haben. Inder, Perser und Chaldäer hätten bereits verstanden, Gewitterwolken unschädlich zu machen oder zu verjagen u. s. w.

Dies alles und noch mehr wurde von Völkern behauptet, die zu einer Zeit lebten, in welcher über die Natur der elektrischen Erscheinungen selbst die weisesten Männer die wunderlichsten Ansichten hegten. Nachstehend ein Beispiel: **Plinius**[1]) schreibt in Bezug auf das Elmsfeuer: „Es giebt Sterne auf dem Meere und auf dem Lande. Ich selbst sah den Speeren der Soldaten, die Nachts Wache hielten, ein sternähnliches Licht sich anhängen. Auch auf die Segelstangen und andere Theile der Schiffe setzen sie sich mit eigenthümlichem Geräusch, wie Vögel hüpfend von einem Orte zum anderen. Wenn sie einzeln kommen, sind sie verderblich, die Schiffe in den Grund bohrend und, wenn sie auf den Boden gesunken sind, die Kiele entzündend. Als Doppelsterne aber sind sie heilsam, Vorboten einer glücklichen Fahrt. . . . Auch die Häupter der Menschen umleuchten sie in den Abendstunden zu grosser Vorbedeutung." Allerdings setzt Plinius bescheiden hinzu: „Die Ursache aber von allem ist unbekannt, verborgen in der Majestät der Natur."

Bezüglich der Objecte, welche der Blitz verschont oder welche er mit Vorliebe trifft, wurde ebenfalls an vollkommen unbegründeten Angaben starrsinnig festgehalten. So glaubte man, er verschone aus dem Pflanzenreiche den Lorbeer, den Feigenbaum, die weisse Rebe, die Zwiebel und die Trüffel; aus dem Thierreiche die Korallen, die Adler, Robben, Flusspferde, Krokodile, Hyänen und ebenso den schlafenden Menschen, verfolge jedoch die Drachen in der Luft und tödte sie. Plutarch erzählt, dass man die Trüffel als

---

[1]) Lib. II, cap. 37.

ein Product des Blitzes betrachtete, weil man sie häufig an solchen Stellen in der Erde fände, an welchen der Blitz eingeschlagen hatte. Andere schreiben dem Blitze wieder nur die Eigenschaft zu, die Trüffel anzuzeigen, indem er, ohne letztere zu erreichen, die Erde spalte. Theophrastus, Juvenal und Plinius schreiben das Entstehen der Trüffeln dem Einflusse des Blitzes und Donners zu; ebenso dachte man sich die Entstehung der Perlen in den Muscheln.

Die Inder sollen nach Salverte[1]) Eisenstangen, mit dem zugespitzten Ende gegen den Himmel gewandt, in die Erde gesteckt haben, um Gewitterwolken, Blitz und Hagel abzuwehren. Ohne auf die sehr fragliche Begründung dieser Ansicht näher einzugehen, möge nur erwähnt werden, dass ähnliche Gebräuche ohne speciellen Bezug auf Hagel oder Blitz vielfach herrschten. So schossen die Thraker ihre Pfeile gegen Gewitterwolken ab, die Römer schwangen mit drohender Miene blutige Beile gegen die Wolken, im XV. Jahrhunderte (unserer Zeitrechnung) herrschte noch der Gebrauch, einen blanken Degen auf dem Schiffsmaste zu befestigen, gleichfalls um die Gewitterwolken zu verscheuchen; in späterer Zeit wollte man dasselbe Resultat durch Abfeuern von Kanonen erreichen u. s. w. Es ist wohl einleuchtend, dass aus solchen und ähnlichen Gebräuchen weder eine Kenntniss der Natur des Blitzes, noch eine solche zweckentsprechender Blitzschutzvorrichtungen abgeleitet werden darf. Müsste man sonst nicht auch aus dem Gebrauche des gegenwärtig noch an vielen Orten gepflogenen, wie wir wissen, sinnlosen und oft gefähr-

[1]) Sciences occultes, 2^{me} éd., p. 408.

lichen „Wetterläutens" auf besondere Kenntniss der atmosphärischen Elektricität schliessen oder das Verbrennen geweihter Palmzweige (Weidenkätzchen) als Blitzschutzvorrichtung anerkennen?

Die aus den Eingeweiden der Opferthiere wahrsagenden römischen und etrurischen Priester, die Weisen Griechenlands und Italiens haben zwar viele und interessante Aufzeichnungen über Blitz und verwandte elektrische Naturerscheinungen gemacht, doch keinem der alten Philosophen ist es gelungen, die zusammengehörigen Thatsachen zusammenzufassen und von einem gemeinsamen Standpunkte aus zu beurtheilen. Sie waren nicht im Stande, die Geschwindigkeit des Blitzes auch nur in halbwegs befriedigender Weise zu erklären. Ihnen blieb der Zusammenhang zwischen Blitz, Elmsfeuer und Nordlicht vollkommen unbekannt. Sie wussten nicht, dass diese Erscheinungen im Kleinen experimentell nachgeahmt werden können, und kannten weder die elektrische Anziehung noch die Abstossung. Bis in das Mittelalter hinauf erklärte man Blitz und Donner noch wie Aristoteles durch trockene Ausdünstungen, welche durch die Wolken zusammengepresst und entzündet werden. Hieran wurde nichts gebessert, als Descartes zur Erklärung des Donners und des raschen Herabschleuderns der Blitze annahm: eine höher gelegene Wolke stürze wie eine Lawine auf eine tieferstehende herab und presse hierdurch die „trockenen Exhalationen" mächtig zusammen.

Flavius Josef[1]) beschreibt den **Tempel Salomon's** als ein ausgedehntes Gebäude, reichlich mit Goldplatten

---

[1]) Uebersetzt von Arnauld d'Andilly, Édit. d'Amsterdam 1681.

bekleidet und mit ausgebreiteten Verzierungen aus demselben Metalle bedeckt, von welchen zahlreiche Metallröhren in Cisternen führten, welche zur Aufsammlung des Regenwassers bestimmt waren; das „eherne Meer" und die anderen metallenen Wasserbecken, die Erzfiguren und Säulen, die Unmasse metallischer Leuchter und Opfergeräthe u. s. w. bildeten eine sehr erhebliche Ansammlung von Metallmassen. Das Dach des Tempels war mit einer Unzahl von goldenen oder vergoldeten Spitzen versehen. Auf dem Gipfel eines Hügels erbaut, musste der Tempel für den Blitz einen besonders günstigen Anziehungspunkt bilden, und doch konnte während eines tausendjährigen Bestehens kein Blitzschlag nachgewiesen werden, der ihn getroffen hätte; da in seine Construction grosse Mengen von Holz eintraten, hätte ein Blitzschlag sehr leicht zünden und den Tempel zerstören können. Aehnliches ist aber nicht bekannt geworden und daher glauben sich Fischer, Sestier, Méhu u. A. zu der Annahme berechtigt, der Tempel sei mit einem sehr sorgfältig ausgeführten Blitzschutzapparate versehen gewesen, dessen Bestandtheile man in den zahlreichen Spitzen auf dem Dache, in den Metallüberkleidungen und Verzierungen der Wände etc. zu sehen hätte.

Der Annahme, der Erbauer des Tempels hätte zielbewusst auf einen Schutz des Gebäudes gegen Blitzschläge hingearbeitet, stehen aber gewichtige Bedenken entgegen. Zunächst stand der von Flavius beschriebene Tempel gar nicht tausend Jahre, denn der von Salomon erbaute Tempel wurde schon von Nabuchodonosor zerstört; den zweiten baute Zorobabel und den dritten, d. h. jenen, welchen Titus zerstörte, er-

baute Herodes unter der Regierung des Augustus. Wurden nun diese beiden Tempel, auf welche sich die Beschreibung von Flavius nicht bezieht, überhaupt in derselben Weise mit Spitzen, Metallplatten u. s. w. versehen? Auch ist an keiner Stelle irgend eine Andeutung über die Aufgabe der Spitzen etc., als Blitzableiter zu dienen, aufzufinden. Wohl aber sagt Flavius,[1]) dass diese Spitzen, sehr nahe aneinander angebracht, dazu bestimmt waren, die Vögel abzuhalten, welche das prachtvolle Dach beschmutzt hätten.

Wir wollen uns mit diesen Andeutungen des auf zweifelhafte Mythen gegründeten angeblichen Wissens der Alten begnügen und nunmehr unsere Aufmerksamkeit glaubwürdiger, historischer Ueberlieferung zuwenden. Hierin begegnen wir zunächst einem Berichte über Dr. Wall's Arbeiten, die uns der daran geknüpften Bemerkung wegen interessiren. Wall erhielt durch Reiben eines grösseren Stückes Bernstein ziemlich kräftige Funken, so dass er beim Ueberspringen derselben ein Knistern deutlich wahrnahm. Auch beobachtete er vor dem Ueberspringen des Funkens ein Blasen, wie von einem Winde herrührend, und eine ganz empfindliche Wirkung auf die Hand, wenn er auf diese den Funken überschlagen liess. Am Schlusse des Berichtes heisst es: „Dieses Licht und Knistern scheint einigermassen Blitz und Donner vorzustellen."[2])

Diese Ansicht, welche Wall im Jahre 1708 als Vermuthung aussprach, suchte Winkler im Jahre 1746

---

[1]) Th. H. Martin, La foudre, l'électricité et le magnetisme chez les Anciens, p. 313.

[2]) Phil. Trans., Bd. 26, p. 170.

als der Wahrheit entsprechend sicher zu begründen. Letzterer widmete in seiner Schrift: *„Die Stärke der elektrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefässen"*, Leipzig 1746, ein eigenes Capitel der Frage, ob Blitz und Donner dasselbe sei, wie Funke und Knall einer elektrischen Entladung. Nach Anführung einer Reihe von Analogien zwischen beiderlei Erscheinungen kommt er zu dem Schlusse: der Blitz unterscheide sich von dem elektrischen Funken nicht dem Wesen nach, sondern nur in der Stärke. Die atmosphärische Elektricität könne ihre Entstehung der Verdunstung, durch Reiben der Wassertheilchen an festen Körpern verdanken. Er hält auch das Nordlicht bereits für eine elektrische Erscheinung. Winkler bekämpft ferner die Ansicht, dass der Blitz ein Feuer sei, weil häufig beobachtet war, dass Metalle, umgeben von Nichtleitern (z. B. ein Messer in einer Lederscheide) durch den Blitz geschmolzen wurden, während die Nichtleiter unverletzt blieben. Auch Nollet sprach sich im Jahre 1743 in seinen *„Leçons de physique expérimentale"* für die Gleichheit von Blitz und elektrischem Funken aus.

Auf Grund des Verhaltens elektrischer Funken und des mit ihnen identischen Blitzes Blitzschutzvorrichtungen zu erdenken, war jedoch **Benjamin Franklin** einerseits und **Prokop Divisch** andererseits vorbehalten. Während aber die Arbeiten und Experimente Franklin's rasch allgemein bekannt wurden und ungeheures Aufsehen erregten, hatte Divisch gegen Anfeindungen jeder Art zu kämpfen.

Nachdem Franklin bereits im Jahre 1747 die Spitzenwirkung richtig erkannt hatte, sprach er den

Gedanken, jene zur Construction von Blitzableitern zu verwenden, zum erstenmale in einem vom 29. Juli 1750 datirten, an Collinson gerichteten Briefe aus, worin es zum Schlusse heisst:[1])

„. . . Wenn es sich so verhält, könnte nicht unsere Kenntniss von der Kraft der Spitzen dem menschlichen Geschlechte von Nutzen sein, um Kirchen, Häuser, Schiffe vor dem Blitzschlage zu bewahren, indem es uns dazu führte, auf den höchsten Theilen dieser Gebäude aufrecht stehende eiserne Stangen zu befestigen, die so scharf wie eine Nadel gemacht und, um den Rost abzuhalten, vergoldet sind? Von dem Fusse dieser Stangen müsste ein Draht an der Aussenseite der Häuser heruntergeleitet werden bis in den Grund oder bei Schiffen an dem Tauwerke bis zum Wasser. Diese spitzen Stangen würden wahrscheinlich das elektrische Feuer einer Wolke ganz geräuschlos weit früher ableiten, als dieselbe nahe genug zum Schlagen käme, und würde uns dadurch vor diesem plötzlichen und schrecklichen Unglücke bewahren."

Franklin selbst giebt für die Abfassung obiger Zeilen das Jahr 1749 an. Bevor er jedoch an die Ausführung seines Planes schritt, sollte erst die Identität zwischen Blitz und elektrischem Funken durch exacte Experimente bewiesen werden. Er schlug zu diesem Zwecke vor, auf einem höher gelegenen Punkte eine Art Schilderhäuschen zu errichten, aus diesem eine oben zugespitzte Eisenstange emporragen zu lassen und an dem unteren, im Häuschen befindlichen Ende der Stange den elektrischen Zustand derselben zu untersuchen. Nach seiner Ver-

---

[1] News Experiments and Observations on Elect., p. 65.

muthung müsste dann in Folge der Spitzenwirkung die Stange elektrisch werden, sobald eine Gewitterwolke über das Häuschen zieht. Doch auch zu diesen Versuchen kam Franklin erst später, da er zunächst sein Streben darauf richtete, die künstlich erzeugte elektrische Kraft zu verstärken, um in solcher Weise Blitz und elektrischen Funken einander ähnlicher zu machen.

Es kamen ihm daher mit der Ausführung des Versuches zwei Franzosen, **Dalibard** und **Delor** zuvor, die nach seiner Angabe 13, beziehungsweise 32 Meter hohe, oben zugespitzte Eisenstangen aufstellten. Als nun am 10. Mai 1752 ein Gewitter aufstieg, zog in Abwesenheit Dalibard's dessen Wächter Coiffier ansehnliche Funken aus der Eisenstange; am 19. Mai desselben Jahres zog Delor aus seiner 32 Meter hohen Stange Funken. Die Identität von Blitz und elektrischem Funken war somit erwiesen.

Nachdem Franklin auf die Vollendung einer Kirchthurmspitze längere Zeit vergeblich gewartet hatte, führte er endlich im Juni 1752 durch das bekannte Experiment mit dem Drachen den Nachweis für die elektrische Natur des Blitzes. Ein Drache, wie solche noch heute ein beliebtes Spielzeug für Kinder bilden, wurde mit einer Spitze aus Eisendraht versehen und beim Herannahen eines Gewitters steigen gelassen. An das Ende der Hanfschnur hatte Franklin einen Schlüssel geknüpft und dieser selbst wurde unter Vermittlung einer Seidenschnur gehalten. Zunächst wollten sich keinerlei elektrische Erscheinungen zeigen; als aber Regen fiel und dadurch die Hanfschnur durchnässt wurde, konnte Franklin Funken aus dem Schlüssel ziehen und hiermit die elektrische Natur des Blitzes nachweisen.

Noch im September desselben Jahres errichtete er auf seinem Hause eine Wetterstange, verbunden mit einem elektrischen Glockenspiele zur selbstthätigen Anzeige elektrischer Ladungen. Mit Hilfe dieser Vorrichtung setzte er seine Beobachtungen fort und fand hierbei auch, dass die Gewitterelektricität fast immer negativ sei; am 6. Juni 1753 wies er aber positive Elektricität nach.

In Deutschland hatte unabhängig von Franklin bereits Winkler in der kleinen Abhandlung: *Programma de avertendi fulminis artificio* 1753 die Aufstellung von Blitzableitern empfohlen und Vorschriften hiefür gegeben und „muthmasslich in Folge dessen wurde schon ein Jahr darauf, 1754, der erste Blitzableiter bei uns wirklich ausgeführt. Diesen ersten Blitzableiter in Deutschland und zugleich in Europa errichtete **Procopius Divisch,** Prämonstratenser - Chorherr und Pfarrer zu Prenditz bei Znaim in Mähren, an seinem Wohnorte". So berichtet Poggendorff[1]) und schrieben nach ihm Hoppe, G. Albrecht u. A. Dem ist aber nicht so; Divisch hat nicht nur ohne Anregung durch Winkler den ersten Blitzableiter thatsächlich aufgestellt, sondern denselben gleich Franklin und unabhängig von letzterem selbstständig erfunden. Dies ist in einer Abhandlung von Dr. Jul. Friess, betitelt: *„Prokop Divisch". Ein Beitrag zur Geschichte der Physik,*[2]) auf Grundlage unanfechtbarer Documente sicher nachgewiesen worden.

[1]) Geschichte der Physik von J. C. Poggendorff, p. 867. — Geschichte der Elektricität von E. Hoppe, p. 41. — Geschichte der Elektricität mit Berücksichtigung ihrer Anwendungen von Dr. G. Albrecht, p. 92.

[2]) Die äusserst interessante Abhandlung, aus welcher wir nur wenige Zeilen mittheilen können, ist in dem Programm der k. k. Staats-Oberrealschule in Olmütz 1883/4 veröffentlicht.

Prokop Divisch wurde am 1. August 1696 zu Senftenberg in Böhmen geboren, studirte Theologie und wurde im Jahre 1726 zum Priester geweiht. Er hatte zunächst das Lehramt für Naturwissenschaften und Philosophie an der Klosterschule der Prämonstratenser zu Bruck zu versehen und musste später auch Theologie vortragen; er versah beide Aemter zur vollen Zufriedenheit seiner Vorgesetzten. Im Jahre 1733 wurde er auf Grund einer Dissertation von der Universität in Salzburg zum Doctor der Gottesgelehrtheit und Weltweisheit ernannt. Drei Jahre darauf erhielt er die kleine Pfarre zu Prenditz unweit Znaim in Mähren, wo er seine Mussestunden mit physikalischen Studien zubrachte. Zur Zeit des ersten schlesischen Krieges wurde er in das Kloster zurückberufen, da man in so schweren Zeiten eine so hervorragende Kraft wie Divisch nicht entbehren konnte; er versah daselbst die Stelle eines Priors bis zur Beendigung des Krieges und kehrte im Jahre 1745 wieder auf seine Pfarre in Prenditz zurück, wo er sich neuerdings physikalischen Studien hingab. Aufsehen erregten ein von ihm erfundenes musikalisches Instrument, das Denisdor, und seine elektrischen Curen. Letztere zogen ihm aber auch eine grosse Anzahl von Neidern und Feinden zu. Erst nach vielen Misserfolgen und Kämpfen gelang es ihm im Jahre 1765, seine „*Magia naturalis*" im Auslande (in Tübingen) auszugsweise in Druck zu bringen. Im selben Jahre am 21. December starb Divisch.

Wie gelangte nun Divisch zur Erfindung seines Blitzableiters? Seine elektrischen Versuche waren bekannt geworden und hatten so bedeutendes Aufsehen erregt, dass er im Jahre 1750 nach Ostern an das kaiserliche

Hoflager zu Wien berufen wurde, um vor dem Kaiser Franz und der Kaiserin Maria Theresia seine Versuche zu zeigen. Sie fanden Beifall und Divisch wurde von den Majestäten mit einer schweren goldenen Medaille beschenkt. Auch ein gelehrter Jesuit, Pater Franz, lud Divisch ein, um diesem seine Versuche zu zeigen. Bei dieser Gelegenheit war es, als die Elektrisirmaschine des Pater Franz allen Bemühungen zum Trotze plötzlich ihre Wirksamkeit einstellte. Divisch hatte nämlich über 20 eiserne Spitzen in seiner Perücke verborgen und neigte sich, wie um die Apparate näher zu betrachten, über dieselben. Durch die Wirkung der Spitzen leitete er die Elektricität durch seinen Körper zur Erde ab. Damals, also im Jahre 1750, war es, dass Divisch den Gedanken fasste, die Spitzenwirkung zur Construction eines Blitzableiters zu benützen. Er machte nämlich die Bemerkung, dass man die Elektricität aus einer Maschine ohne Wissen eines Anderen ableiten könne und dies die Grundregel gewesen sei, nach welcher er seine meteorologische Maschine (d. h. seinen Blitzableiter) construirt habe.

„Indem ich bemerkte," sagt Divisch, „dass der Blitz derselben Natur sei wie das elektrische Feuer, fasste ich den Entschluss, nach den Principien der Elektricität und den Experimenten eine Maschine zu construiren, um das Gewitter abzuwenden. Mit der Ausführung dieser Idee habe ich einige Zeit gewartet, um zu sehen, was andere Gelehrte herausbringen."

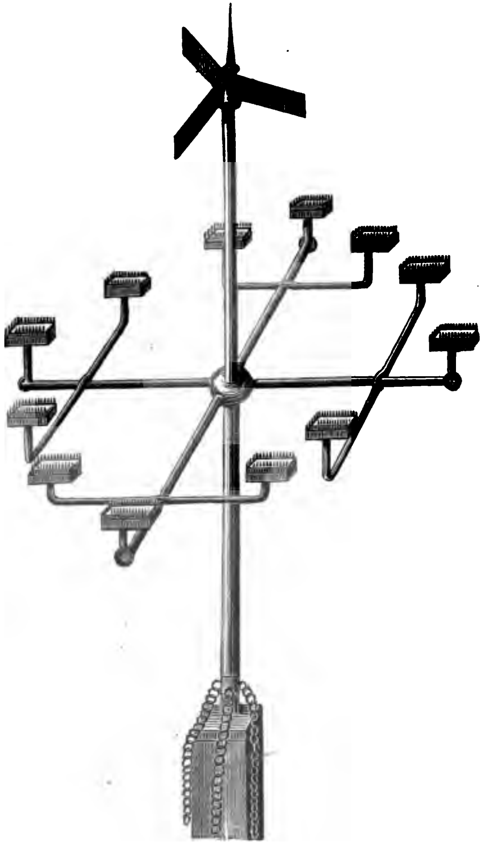
Wann der sehr complicirte Apparat construirt wurde, lässt sich nicht genau feststellen; es ist aber als sicher anzunehmen, dass er schon zu Ende des Jahres 1752

oder anfangs 1753 ersonnen war, da der Decan Oetinger desselben in einem vom 27. Februar 1753 datirten, an Divisch gerichteten Schreiben gedenkt. Fricker, welcher Divisch im Jahre 1753 besuchte, schrieb: „Vor meinem Abschied hat mir Herr Dr. Divisch im Discurs von dem Zufall des seligen Herrn Professor Richmann einen Vorschlag zur Verfertigung einer elektrischen und von der ordinären Einrichtung mit der eisernen Stange sehr abweichenden Wettermaschine angepriesen". Somit konnte Divisch nicht von Winkler angeregt worden sein, seinen Blitzableiter aufzustellen, sondern er hat ihn offenbar ganz selbstständig und unabhängig von Anderen erfunden und aufgestellt. Durch den Tod Richmann's wurde Divisch veranlasst, eine Abhandlung zu schreiben, worin er theoretisch begründet, dass die Errichtung spitzer, unten isolirter Stangen ein grosser Fehler sei, indem dadurch der Blitz nicht abgeleitet, sondern nur angezogen würde. Die Berliner Akademie, an welche die Abhandlung übersandt wurde, würdigte Divisch keiner Antwort; dieser aber schritt nunmehr zur Aufstellung seiner meteorologischen Maschine am 15. Juni 1754 zu Prenditz in Mähren.

Die Herstellung der Maschine (Fig. 1) beschreibt er in nachstehender Weise: „Man nimmt eine 6 Zoll lange Metallsaite, wie sie sich in Nr. 1 des musikalischen Instrumentes Denisdor befindet. Das eine Ende wird mit einem Hammer zu einem biegsamen Blättchen geschlagen und hierauf mit einer scharfen Schere zugespitzt. Solcher Spitzen müssen wenigstens 400 gemacht werden. Ferner nimmt man ein rechteckiges Brett aus Buchenholz, 18 Zoll lang, $4^1/_2$ Zoll breit und 3 Zoll dick.

Auf demselben zeichnet man sowohl unten als oben in gleicher Entfernung 3 Linien, welche die Lage von

Fig. 1.



Löchern etwa $^3/_4$ Zoll Durchmesser bestimmen. Diese Löcher werden von unten und oben ausgebohrt, und zwar enthält die erste und dritte Reihe je eilf, die

zweite Linie aber nur neun Löcher, von welchen das mittelste frei bleibt, um eine Stange durchstecken zu können. Die übrigen werden in der oberen Hälfte mit Klötzchen aus demselben Holze, welche gut mit Leim durchtränkt sind, ausgefüllt und in dieselben die Spiesse hineingesteckt. Der untere Theil des Brettes wird an den Seiten bis zwei Drittel der Höhe abgehobelt und ein Kästchen aus Blech daran gesteckt, so dass der Regen nicht eindringen kann. Die Spitzen werden nun mit einer Zange so weit nach abwärts geschoben, dass sie den Boden des Kästchens berühren. Dasselbe wird hierauf weggenommen und die Löcher mit Eisenfeilspänen angefüllt, dann wieder aufgesetzt und an die durchgehende Stange angeschraubt. Solcher Kästchen werden zwölf gemacht. Endlich verfertigt man ein dreizehntes aus dem alten Holze, aber 12 Zoll breit, sonst von denselben Dimensionen. Es werden auf dem Brette sieben Linien gezogen. Die erste Linie hat 7, die zweite 6, die dritte wieder 7 Durchbohrungen, die mittlere aber 5 u. s. f. Das Uebrige wird wie bei den anderen Kästchen gemacht. Man lässt hierauf zwei Stangen von 9 Fuss Länge und $1^1/_2$ Zoll Stärke machen, bringt in der Mitte derselben eine Oeffnung an und von derselben je in den Hälften genau in der Mitte wieder eine kleinere Oeffnung und eine noch etwas kleinere gegen die Enden; von da aus läuft die Stange in eine Spitze aus. Endlich vereinigt man beide zu einem horizontalen Kreuze, so dass die mittleren Oeffnungen zusammenfallen, welche hierauf zusammengeschweisst werden."

„Dann wird ein eiserner Stab, genau $25^1/_2$ Zoll lang und $^3/_4$ Zoll stark, genommen, dessen ein Theil

so zugerichtet wird, dass er durch das äusserste Loch des Kreuzarmes durchgeht. Auf diesen Stab wird nun ein Kästchen angeschraubt. Durch die Mittelöffnung des Kreuzarmes wird eine Stange, 18 Zoll lang, durchgesteckt, welche an jedem Ende einen verticalen Arm hat, auf welchen ebenfalls ein Kästchen geschraubt wird. Die Oeffnungen werden mit Blei ausgegossen, so dass eine metallische Verbindung mit der Hauptstange vorhanden ist. Dasselbe geschieht an allen vier Theilen."

„Dann verfertigt man eine eiserne Büchse von 24 Zoll Länge und 3 Zoll Halbmesser, auf dieselbe wird eine 30 Zoll lange Stange gestellt, die 3 Zoll tief in die Büchse, welche mit Blei ausgegossen wird, eindringt. Der obere Theil der Stange ist stärker, theils damit er in die Büchse nicht weiter eindringen kann, theils damit er für das Kreuz eine Stütze oder Basis abgebe. Auf diese Stange wird das Kreuz aufgeschraubt und fest vernietet. Weiters wird eine Stange auf die Mitte des Kreuzes aufgesetzt, auf welche nun das dreizehnte Kästchen kommt. Ueber dasselbe ragt noch eine spitz zugehende Stange hinaus, an welcher man zwei Flügeln aus Blech so anbringt, dass sie sich im Winde leicht drehen können, damit sie die Vögel verscheuchen. Die Kästchen müssen alle in gleicher Höhe stehen. Die Büchse muss bis auf ein Drittel der Höhe mit Klötzchen versehen sein, so dass man daran eiserne Haken befestigen kann, die bis zum Deckel der Büchse reichen. An diese Haken befestigt man Ketten aus starken Ringen von 3 Zoll Umfang. Die Ketten haben eine Länge von etwa 20 Klafter und ihr anderes Ende wird wenigstens 2 Fuss tief in die Erde versenkt, in welcher das letzte Glied an einem eisernen Conus von 12 Zoll Länge

festgemacht ist. Darüber giebt man Eisenfeilspäne und bedeckt sie endlich mit festgestampfter Erde. Damit aber die Kette der Stange des Kreuzes durch ihre Schwere nicht schadet, werden die Ringe, wo es nur immer angeht, mit Nägeln gut befestigt."

„Will man die Maschine an einem Thurm anbringen, so verfertigt man einen Haken, 3 Zoll stark, so dass der horizontale Theil so lang ist, dass er über den Thurm hinausragt. Der verticale Theil wird so gearbeitet, dass er in die Büchse leicht eindringt. Das Ganze muss aber wohl verkeilt werden, damit das Kreuz einen sicheren Halt bekommt und nicht vom Winde geschüttelt werden kann. Jedes Jahr ist das Kreuz herunterzunehmen und nachzusehen, ob alles in Ordnung ist."

Divisch befestigte seine Maschine zunächst auf einer starken, 8 Klafter hohen, in seinem Garten aufgestellten Stange; da er aber diese Höhe zu gering fand, erhöhte er die Stange auf 22 Klafter.

„Gleich an demselben Tage" (d. h. am 15. Juni 1754) schreibt Friess „hatte er Gelegenheit, die Wirkung derselben zu erproben. Um 2 Uhr Nachmittags stieg von Norden ein Gewitter auf und als es gegen die Maschine gekommen war, sah er weisse dünne Streifen, die sich gegen dieselbe richteten. Nach einigen Minuten lagerte sich über den Leiter eine weisse feine Wolke, das Gewitter nahm ab und breitete sich gegen Osten aus."

Divisch hatte wiederholt Gelegenheit, sich von der Wirksamkeit seiner Maschine zu überzeugen, sogar auch die Gegenprobe zu machen, als ihm einmal ein sehr heftiger Sturm die eiserne Stange brach, an welcher

das Kreuz befestigt war und dieses sammt der Kette herabschleuderte. Als dies geschehen war, entlud sich auch das Gewitter sofort. Auf eine andere Beobachtung werden wir noch gelegentlich der Besprechung der Spitzenwirkung zurückkommen. Auf die Theorie, welche sich Divisch für die elektrischen Erscheinungen gebildet hat, hier näher einzugehen, verbietet uns leider der beschränkte Raum. Wir verweisen diesbezüglich nochmals auf die sehr lesenswerthe Abhandlung von Professor Dr. Jul. Friess. Beim Lesen derselben geräth man in lebhaftes Erstaunen, wenn man erfährt, mit welchen Mitteln und welcher Beharrlichkeit die Feinde unseres Divisch diesen und seine Erfindungen und Arbeiten bekämpft haben und man begreift, dass unter solchen Umständen Divisch jener Erfolg versagt bleiben musste, den durch dieselbe Erfindung, allerdings in viel einfacherer Form, Franklin errang.

In der Nacht des 10. März 1760 rissen die aufgehetzten Bauern die Ketten gewaltsam von den Pflöcken und beschädigten die Stange des Kreuzes; ein zufällig unmittelbar darauf losgebrochener Sturm vollendete das Zerstörungswerk, indem das Kreuz ganz hinabgestürzt wurde. Die Wiederaufrichtung unterblieb auf Anrathen des Prälaten Hermenegild Mayer und die Maschine wurde nach Bruck gebracht. Auch als später heftige Gewitter in den Weinbergen und auf den Feldern grossen Schaden anrichteten, verlangten die Pfarrkinder Divisch' vergebens die Wiederaufstellung der Maschine.

Divisch wandte sich aber auch an seinen hohen Gönner, Kaiser Franz, mit dem Vorschlage, in verschiedenen Gegenden seine Wetterableiter aufzustellen, vergebens, da die Wiener Mathematiker weder die

Möglichkeit noch den Nutzen der Maschine einsehen konnten. Da Divisch überdies keine Beschreibung seiner Maschine veröffentlichte (dies geschah erst später durch Pelzel), so wurde diese wenig bekannt und beachtet.

Franklin's Vorschläge und Versuche wurden hingegen allgemein bekannt, allgemein nachgemacht und bewundert. Immerhin scheint Franklin, abgesehen von der bereits erwähnten Aufstellung einer Wetterstange auf seinem eigenen Hause, erst im Jahre 1760 (also ungefähr sechs Jahre nach Divisch) den ersten Blitzableiter, und zwar auf dem Hause des Kaufmannes West in Philadelphia, errichtet zu haben.

Bevor wir die Geschichte des Blitzableiters weiter verfolgen, haben wir noch einiger Forscher zu gedenken, die sich gleichfalls mit dem Studium der Gewittererscheinungen befassten. So hatte z. B. Le Monnier (zu St. Germaine-en-Laye) schon im Jahre 1752 durch seine Versuche nachgewiesen, dass die Luft auch bei Abwesenheit von Gewittern elektrisch sei, und hat daher dieser Physiker als der Entdecker der Luftelektricität zu gelten.[1]) Im selben Jahre führten Canton, Wilson und Bevis ähnliche Versuche mit Erfolg durch.

Hervorragend durch mächtige Wirkung sind jene Versuche, welche De Romas, Assessor beim Landgericht zu Nerac im südlichen Frankreich, unternahm. Gleich Franklin gerieth auch er auf die Idee, mit Hilfe eines Drachen die Elektricität der Luft herabzuleiten; er verfertigte sich zu diesem Behufe einen Drachen von sehr bedeutenden Dimensionen und erhielt schreckenerregende Wirkungen. Der Drache besass bei einer

---

[1]) J. C. Poggendorff, Geschichte der Physik, p. 872.

Breite von 3 Fuss eine Höhe von $7^1/_2$ Fuss und wurde an einer Schnur steigen gelassen, welche mit Eisendraht durchflochten war. Das untere Ende der Schnur war, um Unglücksfälle zu vermeiden, aus Seide angefertigt. Als dieser Drache am 7. Juli 1753 550 Fuss hoch gestiegen war, hörte man das Knistern der aus der Schnur gezogenen Funken 200 Schritte weit. Die in einem Blechrohre endigende Schnur richtete Strohhalme auf und liess sie wie beim elektrischen Puppentanze herumtanzen. Der längste Strohhalm wurde dann plötzlich angezogen und unter donnerähnlichem Knalle erschien eine Feuermasse, die auf 8 Zoll Länge bei einer Breite von $^1/_2$ Zoll geschätzt wurde. Bei Wiederholung dieser Versuche am 26. August 1756 erschienen binnen einer Stunde 30 Feuerstreifen, deren jeder 1 Zoll dick und 10 Fuss lang gewesen ist.

Die allseitig mit grossem Eifer unternommenen gefährlichen Versuche sollten leider auch ein Opfer fordern. Professor **Richmann** in Petersburg hatte eine isolirte Eisenstange aufgestellt, deren unteres Ende in sein Studirzimmer reichte. Am 6. August 1753 befand sich Richmann eben in einer Sitzung, als ein Gewitter aufstieg. Er begab sich sofort nach Hause, um den elektrischen Zustand seines Apparates zu untersuchen. Als er sich zu diesem Zwecke der Stange näherte, fuhr aber aus dieser ein Feuerball gegen seinen Kopf und streckte ihn augenblicklich todt zu Boden. Der gleichzeitig anwesende Kupferstecher Sokoloff stürzte gleichfalls zusammen, erholte sich aber nach einiger Zeit wieder.

Das tragische Schicksal Richmann's war jedoch nicht im Stande, andere Forscher von weiteren Ver-

suchen abzuhalten. So verdankt man **Beccaria** (Giacomo Battista), welcher 1716 bis 1781 lebte, eine grosse Anzahl wichtiger Beobachtungen und Versuche. Beccaria wirkte in Turin als Professor der Physik und veröffentlichte seine Arbeiten unter dem Titel: *„Dell' elettricismo naturale ed artificiale"* (Torino 1753) und *„Dell' elettricità terrestre atmosferica a cielo sereno"* (1775). Wir werden bei Betrachtung der Spitzenwirkung Gelegenheit haben, über Beccaria's Versuche Näheres zu erfahren. Hier mag nur erwähnt werden, dass er bestrebt war, eine allgemeine Theorie der meteorologischen Erscheinungen zu begründen und hierin nicht nur die Gewittererscheinungen und das Nordlicht, sondern auch Regen, Schnee und Hagel, ja selbst die Meteore, Wasserhosen, Wirbelwinde und das Erddeben einbezog und alles als Vorgänge elektrischer Natur darzustellen trachtete.

Nicht minder eifrig arbeiteten Tiberio Cavallo (1749 bis 1809) und Mazéas 1753 an der Erforschung der atmosphärischen Elektricität. Ihnen verdanken wir viele Daten über diese und den Zusammenhang derselben mit den übrigen meteorologischen Verhältnissen. Doch kehren wir nun wieder zur Geschichte des Blitzableiters zurück. Nachdem Franklin, wie bereits erwähnt, im Jahre 1760 seinen ersten Blitzableiter aufgestellt hatte, errichtete Watson im Jahre 1762 zu Payneshill in England einen Blitzableiter und hierauf folgten mit der Errichtung von Blitzableitern im Jahre 1769 Johann Albert Heinrich Reimarus und im Jahre 1771 Saussure in Genf. Im Jahre 1782 befanden sich auf den 1300 Häusern von Philadelphia schon mehr als 400 Blitzableiter.[1])

[1]) G. Albrecht, Geschichte der Elektricität, p. 92.

Sowohl Franklin als auch Divisch, Beide wurden durch das Studium der Spitzenwirkung auf die Idee des Blitzableiters gebracht. Beide betrachteten letzteren nicht als einen rein passiven, sondern einen offensiven Apparat. Die Aufgabe des Blitzableiters bestünde nicht blos darin, einen ihn zufällig treffenden Blitzschlag gefahrlos abzuleiten, sondern der Blitzableiter hätte vielmehr auch, vermöge seiner Saugwirkung, die Elektricität der Wolke zu vernichten, letztere gewissermassen zu entwaffnen. Somit war es selbstverständlich, dass man hohe spitze Stangen in Anwendung brachte.

Als nun aber ein Blitzschlag ein Pulvermagazin zu Brescia in die Luft sprengte, zeigte sich, dass die Anwendung der Spitzen auf Gegnerschaft stosse. Der Generalstab der englischen Artillerie sah sich nämlich veranlasst, an die königliche Gesellschaft mit dem Ersuchen heranzutreten, sie möge sich gutachtlich über den besten Schutz der Gebäude durch Blitzableiter äussern. Die Gesellschaft wählte im Jahre 1772 einen Ausschuss, bestehend aus Cavendish, Franklin, Robertson, Watson und Wilson. Während sich nun die vier erstgenannten Mitglieder für die Anwendung der spitzen Ableiter aussprachen, empfahl Wilson stumpfe und schrieb 1773 sogar eine lange Abhandlung über diesen Gegenstand, die Ansicht vertretend: spitze Ableiter seien verwerflich, da sie den Blitz anziehen, und so eine gefährliche Materie solle man nicht zum Besuche einladen. Wilson trat um so energischer für seine Ansicht ein und suchte sie durch Experimente zu stützen, als der Blitz im Jahre 1777 das mit spitzen Blitzableitern versehene Schiffsmagazin zu Purfleet traf. Als Gegner Wilson's trat der Mechaniker Edward

Nairne in London auf, widerlegte des Ersteren Ansichten und beendigte dadurch den Streit. Die Ergebnisse der Versuche und Discussionen wurden von Reimarus zusammengestellt in den beiden Schriften: *„Vom Blitze, aus praktischen Erfahrungen"*, 1778, und *„Neuere Bemerkungen vom Blitze"*, 1794.

Von dieser Zeit an gewannen die Blitzableiter fortwährend an Verbreitung und erfuhren, den inzwischen gesammelten Erfahrungen entsprechend, auch verschiedene Veränderungen. Letztere beschränken sich aber bis auf den heutigen Tag nur auf die Ausführung der Anlage eines Blitzableiters, lassen hingegen die Hauptanordnung derselben unberührt. Im Jahre 1823 fasste Louis Josef Gay-Lussac über Auftrag der französischen Akademie alle Verbesserungen zusammen und veröffentlichte in Form einer Denkschrift seine Instructionen zur Errichtung von Blitzableitern.[1]) Ein neuerliches Gutachten erschien im Jahre 1855 von Pouillet, veranlasst durch den Bau des Industriepalastes für die erste Weltausstellung in Paris. In England erwarb sich Snow Harris besondere Verdienste durch seine gründlichen Arbeiten, speciell die Bewaffnung der Schiffe gegen Blitz betreffend.

Da die Arbeiten der letztgenannten Physiker zum grossen Theile noch nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft Giltigkeit besitzen, werden wir in den nachstehenden Abschnitten wiederholt auf sie zurückkommen müssen.

---

[1]) Annales de Chimie et de Physique, T. 26; 1824.

II. Elektrischer Funke und Blitz.

Blitz und elektrischer Funke sind identische Erscheinungen. Obgleich wir selbst mit unseren kräftigsten Maschinen nur Funken von etwa 1 Meter Länge hervorrufen können, während die Blitzstrahlen 200 bis 1000 Meter Länge, nach einigen Beobachtern sogar 10.000 Meter Länge hin und wieder erreichen sollen, also letztere die ersteren an Mächtigkeit weitaus übertreffen, so wird doch das Studium der elektrischen Erscheinungen im physikalischen Laboratorium immerhin dazu ausreichen, wichtige Anhaltspunkte zur Beurtheilung der Erscheinung und Wirkungsweise der Blitze zu geben. Es wird daher auch am Platze sein, nicht sofort die Blitzschutzvorrichtungen zu besprechen, sondern vorerst die hierher gehörigen Erscheinungen und Gesetze der Elektricität überhaupt in das Gedächtniss zurückzurufen. Wir haben uns also zunächst zu beschäftigen mit dem Verhalten elektrischer Körper gegen andere elektrische oder unelektrische Körper, mit der Vertheilung und Leitung der Elektricität und mit den hierbei auftretenden Erscheinungen.[1])

1. Sitz der Elektricität.

Gleichnamig elektrische Theilchen stossen sich ab, ungleichnamige ziehen sich an. Setzt man einen elektrischen Körper mit einem unelektrischen in leitende Verbindung, so muss daher dieses Bestreben der gleichnamig elektrischen Theilchen, sich möglichst weit von

---

[1]) Ausführliches hierüber findet man in den Bänden IX, XIX, XXII und XXIII der Elektro-technischen Bibliothek.

einander zu entfernen, dahin führen, dass sie sich über die verbindende Leitung und den ursprünglich unelektrischen Körper verbreiten, d. h. also, auch dieser Körper wird elektrisch. Er wird diesen Zustand um so rascher annehmen, je geringer der Widerstand ist, welchen die beiden Körper und der verbindende Leiter der Bewegung entgegensetzen, je geringer also ihr Leitungswiderstand ist.

Die zwischen gleichnamig elektrischen Theilchen wirkende Abstossungskraft hat aber auch noch eine andere Erscheinung zur Folge. Der Körper kann, wenn er ein sogenannter Leiter ist, also der Fortpflanzung der Bewegung einen geringen Widerstand entgegensetzt, nicht in seinen inneren Theilen, sondern nur an der Oberfläche elektrisch sein, weil nur an der Oberfläche des Körpers die elektrischen Theilchen so weit von einander entfernt sind, als es die gegebenen Verhältnisse überhaupt gestatten. Somit ist die Oberfläche der Körper als der Sitz der Elektricität zu betrachten. Es ist vielleicht nicht unnütz zu bemerken, dass dies nur von der ruhenden Elektricität, wenn dieser Ausdruck gestattet wäre, d. h. von dem bereits geladenen Leiter gilt, auf welchem sich die zwischen den einzelnen elektrischen Theilchen wirkenden Abstossungskräfte bereits ins Gleichgewicht gesetzt haben, nicht aber von dem Ladungsvorgange selbst, d. h. von der Mittheilung des elektrischen Zustandes von Seite eines elektrischen Körpers an einen ursprünglich unelektrischen. Ersteres ist eine statische Erscheinung, letzteres ein dynamischer Vorgang.

Es ist hier nicht der Ort, sämmtliche experimentellen Beweise für das angegebene Verhalten der Elek-

tricität zu schildern, und daher müssen wir uns an dieser Stelle damit begnügen, nur jene Experimente in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen, welche zu der Anlage von Blitzschutzvorrichtungen in directer Beziehung stehen. So liess sich z. B. bereits **Faraday** ein grosses Holzgerüste in Form eines Würfels herstellen, verband die Kanten desselben durch Netze aus Kupferdraht und überklebte seine Flächen mit Papier und darüber mit Stanniol. Die in solcher Weise verfertigte Kammer mit gut leitenden Wänden wurde in einen grossen Saal gestellt und Faraday begab sich, mit einem empfindlichen Elektroskope in der Hand, in das Innere der Kammer. Sodann liess er letztere so stark als möglich elektrisiren und untersuchte mit Hilfe des Elektroskops den elektrischen Zustand im Innenraume. Es gelang ihm an keiner Stelle, auch nur eine Spur von Elektricität nachzuweisen.

In neuerer Zeit wurden solche und ähnliche Versuche von Melsens, Zenger, Mach und dem technisch-administrativen Militärcomité in Wien ausgeführt.[1]) Melsens stellte sich aus Metalldrähten einen Käfig her, schloss in demselben Thiere ein und leitete dann den Entladungsschlag einer kräftigen Leydener-Batterie auf den Käfig. Das eingeschlossene Thier blieb

---

[1]) Melsens, des paratonnerres à pointes, à conducteurs et à raccordements terrestres multiples. Brüssel 1877. Paratonnerres, Notes et commentaires par Melsens, Bericht von Rousseau über die Pariser Ausstellung (1881), Brüssel 1882.

Zenger, Elektro-technische Bibliothek Bd., XIX.

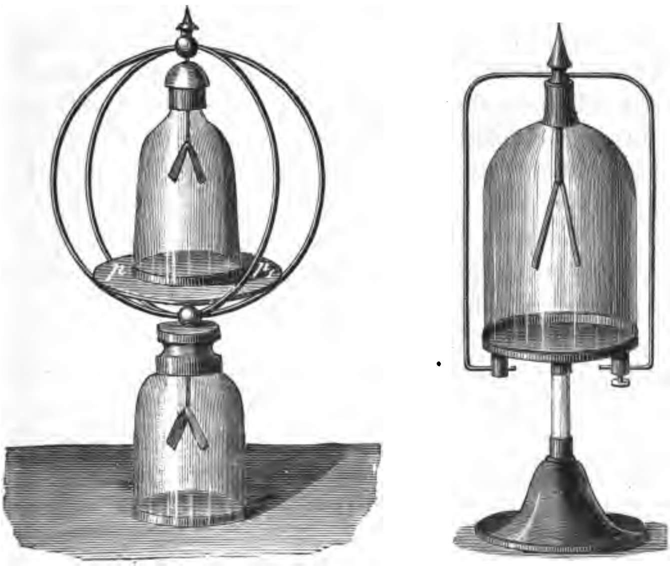
Mach, La lumière électrique, T. XII, p. 104.

Ph. Hess: Ueber einige Blitzschutzmassregeln für besondere Fälle. Mittheilungen für Artillerie und Geniewesen.

unverletzt, selbst dann, wenn es mit den Metalldrähten in Berührung stand.

Zenger, welcher sein Blitzschutzsystem ähnlich wie Melsens anlegt, stützt sich auf die Thatsache, dass eine metallische Hohlkugel durch Elektrisirung nur auf ihrer Oberfläche elektrisch wird und dann auf innerhalb

Fig. 2.



befindliche Körper keinerlei elektrische Wirkung ausübt. Er beweist dies in nachstehender Art.

„Ein empfindliches Elektroskop ist mit 2 oder 4 symmetrisch zu den Goldblättchen, welche gleichsam die Achse eines Rotationskörpers, einer Kugel oder eines Paraboloides u. s. w. bilden, angeordneten Leitungsdrähten umgeben, welche an der Metallplatte *pp* (Fig. 2)

befestigt sind. Von dieser Platte gehen Leitungsdrähte zu einem zweiten Elektroskop, aus einer Glasflasche gebildet, welche den isolirenden Fuss des Apparates darstellt."

„Nähert man dem Knopfe oder den Leitungsdrähten oder der Platte pp_1 eine geriebene Glasstange, so findet keine Spur elektrischer Einwirkung an dem oberen durch die symmetrisch angeordneten Leiter geschützten Elektroskope statt, während am unteren die Blättchen kräftig divergiren. Aber auch die kräftigsten Funken einer Elektrisirmaschine oder eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums bringen nicht die mindeste Wirkung auf die Goldblättchen des oberen Elektroskopes hervor, während die Blättchen des unteren Elektroskopes zerstört werden."

Hierauf beruht die Construction der symmetrischen Blitzableiter, welche Zenger seit 1870 in grösserer Anzahl praktisch ausgeführt hat.

„Die elektrische Wolke repräsentirt die Condensatorplatte des Ruhmkorff'schen Inductoriums, welche Funken bis zu $^1/_2$ Meter Länge von solcher Intensität giebt, dass sie tödtlich auf den Menschen einwirken würde. Dadurch, dass die Condensatorplatte über beide Elektroskope senkrecht schwebt, wird derselbe Inductionsvorgang eintreten wie bei einem Gewitter, wenn die Bodenleitung des Blitzableiters fehlt oder mangelhaft functionirt, das Haus also vom Boden isolirt erscheint. Zwischen Spitze und Object entstehen kräftige Funken, die jedoch auf das obere Elektroskop, welches von den kreisförmigen Kupferdrähten umhüllt ist, vollkommen wirkungslos sind, während die Goldblättchen am unteren unbeschützten Elektroskope sogleich zerstört werden."

„Die beiden Drähte verhalten sich also gerade wie die Kugel, die Wirkung der blos auf ihrer Oberfläche angesammelten Elektricität nach innen ist Null, afficirt aber die nach aussen liegenden Goldblättchen des unteren Elektroskopes mit ihrer vollen Intensität. Denken wir uns das obere Elektroskop weggenommen und einen Menschen in die symmetrische Glasumhüllung gestellt, so wird er vor den heftigsten Entladungen, so lange diese nicht im Stande sind, den Draht zu schmelzen oder zu zerstören, vollkommen gesichert sein."

„Diese Immunität hört jedoch auf, sobald die Leitung der Drähte durch Zerreissung oder sonstwie aufgehoben, oder wenn die Elektricitätsquelle (etwa ein geriebener Kautschukstab) zwischen die Drahtumhüllung und das Gefäss, welches die Goldblättchen des oberen Elektroskopes umhüllt, isolirt eingeführt wird, weil sich nun die Innenseite durch Induction ladet."[1])

Die Versuche im **Wiener Militärcomité** wurden dadurch veranlasst, dass sich die gewöhnlichen Blitzableiter auf den Bauten am Karstgebirge, wo die Herstellung einer ausreichenden Erdleitung des felsigen Grundes wegen sehr erschwert oder ganz unmöglich ist, als gänzlich unzulänglich erwiesen. Hier schien es zweckmässig, sich des von Zenger angegebenen symmetrischen Blitzableitersystemes zu bedienen. Da aber die Anlage eines symmetrischen Leitersystemes auf Gebäuden von häufig unregelmässiger Form, die noch überdies grosse Metallmassen (Munition) enthalten, nicht selten auf erhebliche Schwierigkeiten stösst, so wollte

---

[1]) Zenger: Ueber Blitzableiterconstructionen, Internationale Ausstellungszeitung, Wien 1883.

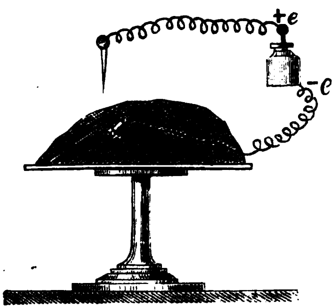
man sich vorerst durch Experimente darüber Aufklärung verschaffen, ob der Schutz der in eine Art Metallkäfig eingeschlossenen Magazine deshalb zu erreichen sei, weil die statische Elektricität sich nur auf der Oberfläche der Leiter verbreitet oder dadurch, dass bei symmetrischer Anordnung der Leiter um das zu schützende Object keine elektrische Einwirkung nach innen zu stattfindet.

Als Elektricitätsquelle kam bei den betreffenden Versuchen theils eine grosse Reibungselektrisirmaschine mit Leydener Flasche (Oberfläche der zwei mit Amalgam geriebenen Scheiben = 1 Quadratmeter, Condensatorfläche = 0·72 Quadratmeter), theils ein normaler Feldzündapparat der Genietruppe, theils ein kleinerer Projectszündapparat ähnlicher Construction zur Verwendung. Als Versuchsobject dienten Spaltzünder für Reibungselektricität (sogenannte Versuchszünder), Zünder mit gespaltener Graphitbrücke für Inductionsströme von sehr geringer Stärke und ein Goldblattelektroskop. Zur Charakterisirung der Empfindlichkeit der empfindlichsten Graphitzünder führt Hess (l. c.) an, dass sie noch von Inductionsströmen gezündet werden, deren Intensität gerade gross genug ist, um von menschlichen Nerven wahrgenommen zu werden. Die Schutzgehäuse bildeten eine Büchse aus Weissblech, ein parallelopipedisches, mit Eisendrahtnetz überzogenes Holzplattengestell oder eine unregelmässig geformte, unten offene Haube aus Drahtnetz.

Von den zahlreichen Versuchen mögen nachstehend einige kurz mitgetheilt werden. In die unten offene Drahthaube (Fig. 3) wurde ein sehr empfindlicher Zünder in möglichst unsymmetrischer Lage angeordnet

und nun der Entladungsschlag der Leydener Flasche auf die Haube geführt. Der Zünder wurde hierbei frei auf den Boden oder auf eine Hartgummiunterlage gelegt oder man verband die Zünddrähte in der durch die Figur angedeuteten Weise mit der Drahthaube. In keinem dieser Fälle gelangte der Zünder zur Explosion; dieses Resultat wurde auch nicht geändert, wenn an Stelle der Leydener Flasche der Feldzündapparat oder ein Inductorium zur Verwendung kam. Diese und ähnliche Versuche konnten jedoch die Frage, ob der Schutz der Ausbreitung der Elektricität auf der Oberfläche oder der Umhüllung des Zünders durch gute Elektricitätsleiter bewirkt werde, nicht entscheiden, da ebenso der durch die Haube bewirkte kurze Schluss diesen Effect ausüben konnte. Diese Möglichkeit auszuschliessen, mussten weitere Versuche gemacht werden.

Fig. 8.



Einer dieser Versuche bestand darin, dass man einen Feldzündapparat kurz schloss und einen Zünder ohne Schutzvorrichtung in einem Nebenschlusse anordnete. Nach etlichen Umdrehungen der Scheibe explodirte der Zünder, trotzdem der kurze Schluss möglichst vollständig gemacht war. Also war der kurze Schluss a l l e i n nicht im Stande, den Zünder zu schützen. Dieses Resultat ergab sich auch aus Versuchen, bei welchen die durch das Schema (Fig. 4) angedeutete Anordnung getroffen wurde. Hierbei befand sich ein Zünder *Z*

innerhalb des Drahtgehäuses und ein ungeladener Zünder Z_1 ausserhalb des Gehäuses; die Verbindungsweise mit der Leydener Flasche ist aus der Figur ersichtlich. Bei den zahlreichen in dieser Art ausgeführten Versuchen wurde in der Zündspalte von Z_1 stets der Funke beobachtet, während Z nie zur Explosion gelangte.

Es ist nothwendig, an dieser Stelle ganz ähnlicher, von **Mach**[1]) längere Zeit vorher ausgeführter Versuche zu gedenken, welche jedoch Hess vor Ausführung der eben beschriebenen Versuche nicht zur Kenntnis gelangt

Fig. 4.

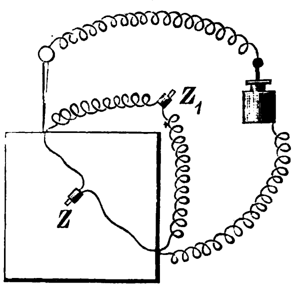
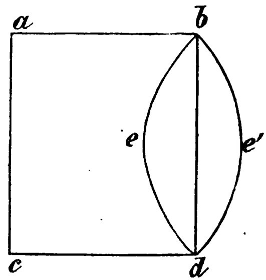


Fig. 5.



waren. Mach benützte einen würfelförmigen Drahtkorb, dessen Querschnitt durch *a b c d* in Fig. 5 dargestellt ist. Dieser Drahtkorb stand auf einem Blatte Stanniol *c d* und das Ganze war isolirt aufgestellt. Auch wurde anstatt des Drahtkorbes ein eben solcher aus Goldpapier versucht. In beiden Fällen gab ein im Inneren des Korbes aufgestelltes, empfindliches Elektroskop keinerlei Anzeigen, auch wenn der Korb noch so stark geladen war. Mach stellte nun einen Nebenschluss *b e d* durch

---

[1]) Mach, l. c., und Zeitschrift d. elektrotechnischen Vereins in Wien, I, p. 83.

einen 1 Millimeter starken Draht her, welcher bei *c* entzweigeschnitten und an den hierdurch gebildeten Enden mit Spitzen (Nadeln) versehen wurde. Zwischen beiden Spitzen befand sich Knallsilber. Dieses kam nicht zur Explosion, wenn auch die kräftige Entladung einer Leydener Flasche auf den Drahtkorb geleitet wurde. Die Explosion kam aber auch dann nicht zu Stande, wenn derselbe Nebenschluss bei sonst unveränderter Anordnung nach $b\ e_1\ d$, also ausserhalb des Drahtkorbes verlegt wurde.

Machte man hingegen dieselben beiden Versuche unter Anwendung des Goldpapierkastens, so erfolgte die Explosion mit Sicherheit jedesmal, gleichgiltig ob die Nebenschliessung ausserhalb oder innerhalb des Kastens angebracht war. Die beiden Versuchsreihen unterscheiden sich also auch dadurch von einander, dass in der ersten ein Leiter von geringerem Widerstande (der Drahtkorb) und im zweiten Falle ein Leiter von grossem Leitungswiderstande (der Goldpapierkasten) die Entladungsschläge aufnahm. Es folgt hieraus, dass es nicht genügt, nur das Princip der Oberfläche in Betracht zu ziehen, dass vielmehr auch die Leitungsfähigkeit eine Rolle spielt.

Es stehen diese Experimente keineswegs im Widerspruche mit der nie bezweifelten Thatsache, dass der Sitz der Elektricität die Oberfläche des Leiters sei und dass die Ladung eines Leiters z. B. einer Messinghohlkugel nach innen keinerlei elektrische Wirkung ausüben kann. Man muss aber bedenken, wie auch Mach erwähnt, dass der Entladungsschlag einer Leydener Flasche und dergleichen kein so ganz einfacher Vorgang ist, dass vielmehr hierbei sowohl statische als auch dyna-

mische Erscheinungen eintreten. Statische Wirkungen finden innerhalb eines Leiters, also der Drahtkörbe, allerdings keine statt, weshalb auch das Elektroskop keine Anzeichen giebt. Dynamische Wirkungen können aber eintreten, da der Entladungsschlag selbst eine Bewegung der Elektricität (wenn der Kürze halber diese Bezeichnung gebraucht wird), also ein dynamischer Vorgang ist. Für diesen gilt aber nicht mehr das Oberflächengesetz, hier kommt der Querschnitt, beziehungsweise die Leitungsfähigkeit in Betracht.

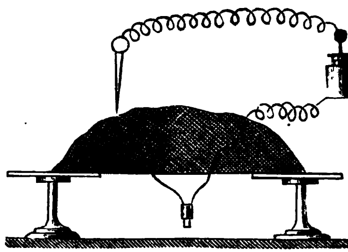
Von diesem Standpunkte aus ergiebt sich für die durch Fig. 4 erläuterten Versuche folgende Betrachtung: Dem Entladungsschlage der Leydener Flasche stehen von der Spitze aus drei Wege zur Verfügung, nämlich über den Zünder Z_1, über den Drahtkorb und über den Zünder Z.

Ob nun auch durch den dritten Weg genügend Elektricität überströmt, um den Zünder zur Explosion zu bringen oder nicht, scheint nach Mach's Versuchen davon abzuhängen, in welchem Verhältnisse die Leitungsfähigkeiten der drei Wege, beziehungsweise die Metallmassen auf denselben unter Voraussetzung sonst gleicher Umstände zu einander stehen. Es will uns auch bedünken, dass Mach's Versuch mit dem Goldpapierkasten den praktischen Verhältnissen näher kommt als die Versuche mit Metalldrahtkörben, denn bei letzteren überwiegt die Metallmasse der Schutzhülle weitaus jene des innerhalb befindlichen Zünders mit seiner Leitung, während im ersteren Falle das umgekehrte Verhältniss herrscht, wie es auch in der Praxis wenigstens nicht selten der Fall sein dürfte, da ja die Blitzleitungen ausserhalb des Gebäudes eine ge-

ringere Metallmasse bilden dürften als die innerhalb befindlichen Munitionen enthalten.

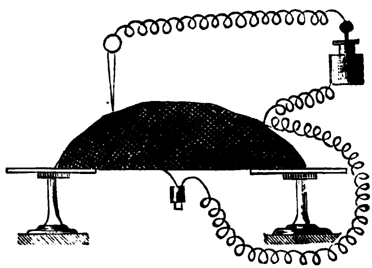
Sind dann diese aber auch dann noch gegen die directen Wirkungen des Blitzes (von den indirecten abgesehen) absolut geschützt, oder können sie etwa doch wie das Knallsilber in Machs Experiment explodiren?

Fig. 6.



Mach zieht aus seinen Experimenten die Schlussfolgerung, dass Körper, eingeschlossen in wiederholt angegebener Weise, sich bei elektrischen Entladungen nicht in einem unelektrischen, sondern in einem sehr schwach elektrischen Felde befänden. Ob dieses für Munitionsvorräthe jeder Art ungefährlich ist, müssten unserer Ansicht nach wohl erst weitere Experimente zeigen.

Fig. 7.



Erwähnung verdienen auch noch jene Versuchsreihen, welche im Militärcomité nach den in den Figuren 6 und 7 dargestellten Anordnungen durchgeführt wurden. Bei diesen Versuchen war die Drahthaube unten nicht durch das möglicherweise etwas leitende Tischblatt abgeschlossen, sondern offen gelassen und in der dargestellten Weise gestützt. Der Zünder wurde hierbei unterhalb, aber gleichzeitig

ausserhalb der Haube aufgehängt. Sowohl bei der ersten Anordnung, wo beide Schaltstellen des Zünders innerhalb des Drahtnetzes angebracht waren, als auch bei der zweiten Anordnung, wo eine Schaltstelle ausserhalb, eine innerhalb sich befand, erwies sich der Zünder als geschützt, d. h. er wurde nicht zur Explosion gebracht.[1])

Hiermit mögen unsere Betrachtungen über den Sitz der Elektricität auf Leitern abgeschlossen sein. Nicht minder wichtig oder eigentlich noch wichtiger für die Construction sicher wirkender Blitzableiter ist die Erörterung der nächsten Frage, die sich uns aufdrängt, nämlich über die Vertheilung der Elektricität auf der Oberfläche eines Leiters.

2. Vertheilung der Elektricität.

Soll sich die Elektricität auf einem Leiter im Gleichgewichte befinden, so muss an allen Punkten der Oberfläche dasselbe Potential herrschen, d. h. die Oberfläche muss eine Niveaufläche sein. Die Elektricität hat dann das Bestreben, in Richtungen senkrecht auf die Oberfläche des Leiters sich von diesem zu entfernen und wird daran nur durch die schlechte Leitungsfähigkeit des umgebenden Mediums, z. B. der Luft, verhindert. Da das Potentiale einer gegebenen Elektricitätsmenge von der Vertheilung derselben im Raume abhängt und sich augenblicklich ändert, wenn die Vertheilung eine andere wird, so muss offenbar für einen Leiter von bestimmter Form auch die Vertheilung eine

[1]) Es wird übrigens (l. c.) bemerkt, dass diese beiden Versuche noch einer weiteren Verificirung bedürfen.

ganz bestimmte sein. Der Leiter muss an einer Stelle seiner Oberfläche eine grössere, an der anderen eine geringere Dichte der Elektricität besitzen. Hierbei ändert sich die Dichte an den einzelnen Stellen proportional der gesammten Elektricitätsmenge auf dem Leiter und ist unabhängig von der Masse des Leiters.

Die Vertheilung der Elektricität kann für die einfachsten geometrischen Leiterformen durch Rechnung gefunden werden, während wir bei complicirteren Formen von unseren mathematischen Hilfsmitteln im Stiche gelassen werden. Ohne hierauf näher einzugehen, wollen wir uns die Vertheilung der Elektricität für eine specielle Form des Leiters auf graphischem Wege klar zu machen suchen, ungeachtet der sehr materiellen Vorstellung, zu welcher wir uns hierbei bequemen müssen.[1]

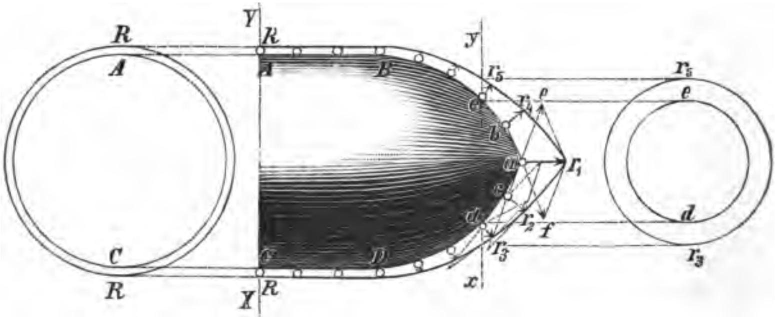
Fig. 8 stellt einen Leiter dar, dessen Oberfläche im Raume *ABCD* cylindrisch, im Raume *BaD* konisch geformt ist. Die oberste Schichte elektrischer Theilchen ist durch *abcd* . . . angedeutet. Nehmen wir zunächst an, die Vertheilung der Elektricität wäre auf der ganzen Oberfläche des Leiters eine gleichförmige, wie dies auch durch die gleich weit von einander abstehenden elektrischen Theilchen dargestellt ist, und betrachten wir nun das Verhalten irgend eines Theilchens gegen seine Nachbartheilchen. Das Theilchen *a* wird von dem Theilchen *b* in der Richtung *bf* abgestossen, vom Theilchen *c* in der Richtung *ce*; die Wirkungen der Theilchen *d* und *e* auf *a* können wegen der grossen Entfernung der letzteren von *a* vernach-

---

[1]) Urbanitzky, Die Elektricität im Dienste der Menschheit, p. 93.

lässigt werden. Stellen *ae* und *af* die Grössen und Richtungen der von *c* und *b* auf *a* ausgeübten Kräfte dar, so kann die Resultirende dieser beiden Kräfte bekanntlich leicht gefunden werden, indem man das Kräfteparallelogramm $a e r_1 f$ construirt; die Diagonale $a r_1$ ist dann die gesuchte Resultirende. Sucht man dann in derselben Weise für das Theilchen c_1 das nächste an *a*, die Resultirende der beiden Kräfte, welche *a* und *d* auf *c* geltend machen, so erhält man die Linie $c r_2$; die Resultirende für das Theilchen *d* ist $d r_3$ u. s. w.

Fig. 8.



Man ersieht hieraus, dass die Resultirenden immer kleiner werden, je weiter man sich von *a* in der Richtung über *c* und *d* nach *CD* entfernt. Die Theilchen auf der Strecke *DC* haben dann Resultirende gleich Null, d. h. die gegenseitigen Wirkungen der Theilchen aufeinander heben sich auf; derselbe Verlauf ergiebt sich auch für den oberen Theil der Begrenzung *abBA*.

Es werden sich also alle Theilchen auf *AB* oder *CD* im Gleichgewichte befinden, wenn sie nach der ursprünglichen Voraussetzung in gleicher Entfernung

von einander angeordnet sind. Die Theilchen auf der Curve *BaD* sind jedoch nicht im Gleichgewichte und die sie zu bewegen suchenden Resultirenden werden desto grösser, je näher die Theilchen an *a* liegen. Der Grund für dieses Anwachsen der Resultirenden ist aus der Zeichnung leicht zu erkennen — er liegt offenbar in der immer mehr zunehmenden Krümmung der Curve — denn hierdurch wird der Winkel, den je zwei auf ein Theilchen einwirkende Kräfte einschliessen, immer kleiner, folglich die Diagonale des betreffenden Kräfteparallelogrammes immer grösser.

Wir ersehen daraus, dass auf einem Leiter von der Form, wie sie die Fig. 8 darstellt, die elektrischen Theilchen sich nicht überall im Gleichgewicht befinden können, wenn sie, wie anfangs vorausgesetzt wurde, über den ganzen Leiter, ohne Berücksichtigung seiner Form, gleichmässig vertheilt sind. Wir ersehen daraus vielmehr, dass die elektrischen Theilchen auf einem Leiter, dessen Oberfläche verschiedene Krümmungen hat, an den Punkten stärkster Krümmung mit grösster Kraft von der Leiteroberfläche weggetrieben werden. Sollen also die Theilchen der in Rede stehenden Schichte sich im Gleichgewichte befinden, d. h. alle gleiches Potentiale besitzen, so kann die Niveaufläche, denn so benennt man ja die Flächen gleicher Potentiale, nicht an jeder Stelle von der Leiteroberfläche gleich weit abstehen, sondern muss diese vielmehr so umhüllen, wie dies durch die Curve $R\, r_5\, r_4\, r_1\, r_2\, r_3\, R$ dargestellt ist. Behalten wir unsere, allerdings etwas rohe, Vorstellung bei, so bliebe bei der gezeichneten Lage der Theilchen in $r_1\, r_2\, r_3$ ... die darunter liegende Leiteroberfläche frei von elektrischen Theilchen, was aber nicht sein

kann, da sich die einem Leiter mitgetheilte Elektricität auf dem ganzen Leiter ausbreitet. Es muss folglich ein Nachströmen der elektrischen Theilchen gegen *a* zu, also gegen die Fläche stärkster Krümmung hin, stattfinden; diese muss von einer dickeren Schichte elektrischer Theilchen umhüllt sein, als die Flächen geringerer Krümmung. In der Figur stellen dies die Querschnitte nach *XY* und *xy* dar; dass sich die Vertheilung in einem und demselben Querschnitte von Punkt zu Punkt gleich bleibt, ist selbstverständlich, da die Querschnitte als Kreise Curven sind, die an jeder Stelle dieselbe Krümmung besitzen. In allgemein üblicher Form ausgedrückt heisst dies also: Die elektrische Dichte ist an den verschiedenen Stellen einer Leiteroberfläche desto grösser, je kleiner der Krümmungsradius des betreffenden Flächenelementes ist.

Wie leicht einzusehen und auch auf graphischem Wege wieder gezeigt werden könnte, erhalten wir kein qualitativ verschiedenes Resultat, wenn wir eine grössere Anzahl übereinander befindlicher Schichten elektrischer Theilchen in Rechnung ziehen würden. Die Anzahl der Schichten repräsentirt natürlich die Stärke der Gesammtladung und steigt und fällt mit dieser. Die resultirende Wirkung der Theilchen von Schichte zu Schichte besteht aber offenbar darin, dass die Theilchen der äussersten Schichte sich in Richtungen senkrecht auf diese von derselben zu entfernen trachten. Das Entfernen wird thatsächlich eintreten, sobald der Widerstand des umgebenden Mediums nicht gross genug ist, um die Theilchen zurückzuhalten. Es tritt dann eine schichtenweise Entladung des Leiters ein, die so lange fortschreitet, bis die Spannung der Elektricität auf dem

Leiter so gering geworden ist, dass sie den Widerstand des umgebenden Mittels nicht mehr zu überwinden im Stande ist.

Aus obiger Betrachtung ersehen wir, dass die Dichte der Elektricität mit einer einzigen Ausnahme auf keinem wie immer gestalteten Leiter eine gleichförmige sein kann, da kein Körper, mit Ausnahme der Kugel, nach allen Richtungen hin den gleichen Krümmungsradius besitzt. Bei einer kreisförmig begrenzten Fläche nimmt die Dichte vom Mittelpunkte gegen die Peripherie hin zu. Ein halbkugelig abgeschlossener Cylinder hat an den Kugelsegmenten seine grösste Dichte u. s. w. Nimmt die Dichte zu mit der Abnahme des Krümmungsradius, so muss offenbar auf einer Fläche von unendlich grossem Krümmungsradius die Dichte Null, auf einer Fläche von unendlich kleinem Krümmungsradius eine unendlich grosse Dichte herrschen.

Und in der That, wenigstens in sehr grosser Annäherung, existiren auch diese beiden Grenzzustände, ja sie bilden geradezu die Grundlage zur Construction von Blitzableitern. Eine Leiteroberfläche von unendlich grossem Krümmungsradius bildet die Erde, welche allen unseren Apparaten, Gebäuden etc. gegenüber als unendlich gross angenommen werden kann. Es wird daher jeder Körper, den man mit der Erde in leitende Verbindung setzt, unelektrisch, wie grosse Elektricitätsmengen man ihm auch zuführen möge; durch die leitende Verbindung mit der Erde wird nämlich bewirkt, dass der betreffende Körper nur einen Theil der Gesammtoberfläche der Erde bildet, die zugeführte Elektricität sich also auf der ganzen Erde ausbreiten muss und daher unnachweisbar wird.

Einen Leiter mit einem Flächenelemente von unendlich kleinem Krümmungsradius bildet eine mathematische Spitze. Nun sind wir allerdings nicht im Stande, mathematische Spitzen anzufertigen, können aber immerhin Spitzen erzeugen, die sich jenen mehr oder weniger nähern. An diesen wird die Dichte allerdings nicht unendlich gross sein, diesem Zustande aber je nach der Vollkommenheit der Spitze mehr oder weniger nahe kommen. In jedem Falle ist die elektrische Dichte auf einer Spitze weitaus grösser als an jedem anderen Theile des damit verbundenen Leiters, wie gross oder klein auch die dem Leiter mitgetheilte elektrische Ladung sein mag. Diesem Verhalten der Spitzen sind jene höchst wichtigen Erscheinungen zuzuschreiben, welche man unter der Bezeichnung Spitzenwirkung zusammenfasst.

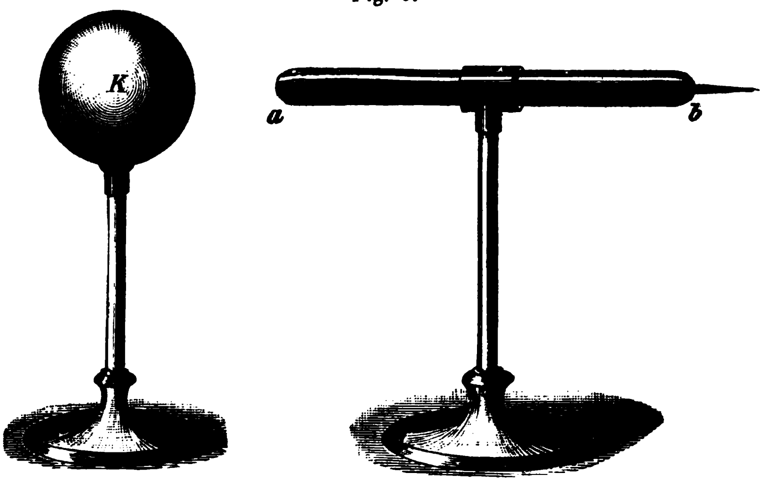
3. Die Spitzenwirkung.

Hierher gehört zunächst die Thatsache, dass ein mit einer Spitze versehener Leiter keinerlei elektrische Ladung annimmt. Dies erklärt sich nach dem Vorhergehenden in folgender Weise: Die Dichte der Elektricität an der Spitze ist unabhängig von der dem Leiter mitgetheilten Ladung, in jedem Falle ausserordentlich gross. Die Spannung, d. h. jene Kraft, mit welcher sich die Elektricität vom Leiter zu entfernen strebt, wächst im quadratischen Verhältnisse mit der Dichte. Sie ist also stets an einer Spitze so gross, dass sie den Widerstand, welchen die geringe Leitungsfähigkeit der Luft dem Ueberströmen der Elektricität entgegensetzt, überwindet, d. h. die dem Leiter zugeführte Ladung in das umgebende Medium überführt. Für die Wirkung

einer Spitze ist auch deren Stellung auf der Leiteroberfläche von Belang; ihre Wirkung wird verstärkt, wenn man die Spitze an jener Stelle der Leiteroberfläche aufsetzt, welche den kleinsten Krümmungsradius besitzt, weil daselbst die Dichte der Elektricität schon an und für sich eine grössere sein muss.

Der Einfluss der Stellung der Spitze macht sich namentlich dann geltend, wenn Influenzerscheinungen auftreten.

Fig. 9.



Nehmen wir zunächst an, die isolirt aufgestellte Messingkugel *K*, Fig. 9, sei positiv elektrisch und es werde neben dieser der gleichfalls isolirte, aber unelektrische Messingcylinder *a b* aufgestellt, von welchem vorläufig die Spitze bei *b* abgenommen sei. In diesem Falle äussert sich die Influenzwirkung der positiv elektrischen Kugel *K* auf den unelektrischen Leiter *a b* bekanntlich in folgender Weise: Die der Kugel zuge-

wandte Hälfte des Cylinders wird ungleichnamig, also negativ elektrisch, die abgewandte gleichnamig, d. h. positiv elektrisch oder nach der Ausdrucksweise von Riess:[1]) bei *a* tritt Influenzelektricität erster Ordnung, bei *b* Influenzelektricität zweiter Ordnung auf. *a* behält unter der Voraussetzung vollkommener Isolirung so lange seine Ladung mit Influenzelektricität erster Art und *b* seine Ladung mit Influenzelektricität zweiter Art, als die Kugel *K* in ihrer Stellung verbleibt und ihre Ladung beibehält. Hingegen vereinigen sich die Influenzelektricitäten erster und zweiter Art sofort, d. h. *a b* wird unelektrisch, sobald die Kugel *K* entladen oder entfernt wird.

Ein durch Influenz elektrisirter Leiter kann aber auch dann mit Influenzelektricität erster oder zweiter Art geladen erhalten werden, wenn man den influencirenden Leiter entfernt oder entladet. Man braucht zu diesem Behufe nur den Leiter *a b* aus zwei von einander trennbaren Hälften anzufertigen. Ist dann durch die Influenzwirkung von *K* die Trennung der Elektricitäten in Influenzelektricität erster und zweiter Art erfolgt, so nimmt man die beiden Hälften *a* und *b* auseinander und erhält so die eine Hälfte mit Influenzelektricität erster, die andere mit Influenzelektricität zweiter Art dauernd geladen, auch wenn hierauf die Kugel *K* entladen oder entfernt wird. Dieselbe Wirkung erreicht man auch dadurch, dass man den Leiter *a b* an irgend einer Stelle mit der Erde leitend verbindet. Die Influenzwirkung der elektrischen Kugel *K* wird sich dann auf den combinirten Leiter *a b* und

---

[1]) P. Th. Riess, Die Lehre von der Reibungselektricität.

Erde derart äussern, dass die Influenzelektricität erster Art als ungleichnamige Elektricität in *ab* durch die Anziehungskraft der Elektricität der Kugel *K* festgehalten, die Influenzelektricität zweiter Art, als mit der Elektricität der Kugel gleichnamig, von dieser so weit als möglich abgestossen, d. h. auf die Erdoberfläche getrieben wird. Unterbricht man nach stattgehabter Influenzirung die Verbindung mit der Erde, so muss der Leiter *ab* offenbar mit Influenzelektricität erster Art geladen zurückbleiben, wenn auch die Kugel *K* entladen oder entfernt wird.

Versehen wir nun den Leiter *ab* bei *b*, also an der von der Kugel abgewandten Seite, mit einer Spitze. Wie gestaltet sich dann die Influenzwirkung? In *a* wird Influenzelektricität erster Art, in *b* Influenzelektricität zweiter Art erregt, die sich offenbar auch der Spitze mittheilen und auf ihr eine ausserordentlich grosse Dichte erreichen muss. Die Influenzelektricität zweiter Art strömt daher durch die Spitze aus, worin sie noch durch die Abstossung befördert wird, welche die Elektricität der Kugel als gleichnamige Elektricität ausübt. Der Leiter *ab* bleibt nach Entfernung der Spitze bei *b* und nach Entladung der Kugel *K* mit Influenzelektricität erster Art geladen zurück.

Befestigt man die Spitze bei *a*, also an dem der Kugel zugewandten Ende, so erhält man den Leiter *ab* mit Influenzelektricität zweiter Art geladen. Die (z. B. +) elektrische Kugel erregt wieder bei *a* Influenzelektricität erster Art (—) und bei *b* Influenzelektricität zweiter Art (+). Die Spitze bei *a* erhält Influenzelektricität erster Art (—) und veranlasst das Ausströmen dieser (—) Elektricität. Der Leiter *ab* bleibt nach Entfernung

der Spitze und der Kugel mit Influenzelektricität zweiter Art (+) geladen zurück. Dabei zeigt sich aber die beachtenswerthe Thatsache, dass die Kugel *K* in ihrem (+) elektrischen Zustande nicht unverändert geblieben ist, wie dies sonst bei Influenzwirkungen stets der Fall ist, sondern eine Verminderung ihrer Ladung erlitten hat, und zwar beiläufig um denselben Betrag, welchen die Influenzelektricität zweiter Art (+) auf dem Leiter *ab* ausmacht. Eine oberflächliche Betrachtung würde also die ganze Erscheinung so deuten, dass durch die Spitze ein Theil der (+) Kugelladung auf den Leiter *a b* herübergesaugt worden ist. Diese Wirkung der Spitzen bezeichnet man daher — wenngleich, wie wir sehen werden, mit Unrecht — als Saugwirkung der Spitzen. Thatsächlich ist aber der Vorgang folgender: Wegen der ausserordentlich grossen Dichte der Influenzelektricität erster Art (—) auf der Spitze bei *a*, strömt diese Elektricität hier aus und bewirkt hierdurch auch eine andere Vertheilung der (+) Elektricität der Kugel. Auf dem der Spitze gegenüberliegenden Punkte der Kugel wird nämlich die Dichte der (+) Elektricität so gesteigert, dass auch hier ein Ausströmen eintritt. Dazu kommt noch folgender Umstand: Das Ausströmen der (—) Elektricität aus der Spitze ist von dem elektrischen Winde begleitet, d. h. die (—) elektrischen Lufttheilchen werden von der Spitze weg gegen die Kugel getrieben. Auf dieser geben sie natürlich ihre (—) Influenzelektricität erster Art ab und neutralisiren dadurch einen Theil der auf der Kugel vorhandenen (+) Elektricität. Aus dieser Erklärung der Spitzenwirkung ergiebt sich auch, dass die scheinbare Saugwirkung so lange stattfinden wird, als die Dichte

des ihr gegenüber befindlichen elektrischen Körpers gross genug bleibt, um ein Ausströmen von Elektricität an der Spitze hervorzurufen.

Die Saugwirkung einer Spitze zeigt sich in eclatanter Weise, wenn man eine Spitze mit der Erde in leitende Verbindung setzt (wie dies beim Blitzableiter der Fall ist) und ihr hierauf einen elektrisirten Körper nahe bringt. Auf diesem sinkt dann die Ladung sofort auf ein Minimum herab und lässt sich nicht mehr verstärken, wie viel Elektricität man auch zuführen will. Auf dieser Wirkung der Spitzen beruht die Lösung einer jener Aufgaben, welche ein gut construirter Blitzableiter zu lösen im Stande sein muss.

Wirkungen wie die oben beschriebenen treten jedoch nicht ausschliesslich bei Spitzen auf, sondern machen sich, wenngleich in geringerem Grade, auch bei scharfen Kanten geltend, da diese ja auch als Flächen zu betrachten sind, deren Krümmungsradius nach einer Richtung hin ausserordentlich klein ist. Ferner zeigen brennende oder glimmende Körper, Flammen und Rauchsäulen zum Theile ähnliche Wirkungen. Die Spitzen, die sich beim Verbrennen eines Körpers bilden, scheinen sogar viel vollkommener zu sein, als die künstlich angefertigten Spitzen, wie dies schon die kräftigere Wirkung der ersteren wahrscheinlich erscheinen lässt. Einen Körper vollkommen unelektrisch zu machen, gelingt am leichtesten dadurch, dass man ihn einigemale über eine Flamme führt.

4. Der Entladungsstrom.

Ein elektrischer Körper ladet einen benachbarten unelektrischen Körper durch Influenz in der angegebenen

Weise. Wird hierauf der elektrische Körper entladen, so hört hiermit auch jene Kraft zu wirken auf, welche die beiden Influenzelektricitäten getrennt erhalten hat, und diese vereinigen sich wieder. Es entsteht also auch in dem influenzirten Körper ein Entladungsstrom. Man kann diesen sichtbar machen, wenn der influenzirte Leiter an einer Stelle eine Unterbrechung erhält; es wird dann im selben Momente, in welchem der elektrische Körper entladen wird, ein Funke an jener Unterbrechungsstelle sichtbar werden, herrührend eben von jenem Entladungsstrome der gleichzeitig im unfluenzirten Leiter auftreten muss. Man nennt diesen Strom den **elektrischen Rückschlag.** Dieser kann dieselben Wirkungen hervorbringen wie der Entladungsschlag irgend eines anderen Ladungsapparates, z. B. einer Leydener Batterie.

In dieser Weise erklärt es sich auch, dass Personen, die sich nahe bei einem Schliessungsbogen befinden, durch welchen kräftige Entladungen erfolgen, einen schwachen Schlag empfinden, auch wenn sie mit dem Bogen in gar keiner Berührung stehen. Die beiden Influenzelektricitäten werden nämlich, bevor der Entladungsschlag erfolgt, im menschlichen Körper von einander getrennt und vereinigen sich dann plötzlich im selben Momente, als die Entladung durch den Schliessungsbogen erfolgt. Der Rückschlag kann auch in Folge der Entladung elektrischer Wolken unter sich, gegen einen Blitzableiter oder überhaupt gegen die Erde eintreten und dann ebensolche Zerstörungen anrichten wie der Blitzstrahl selbst. Auf diesen Umstand ist daher bei der Construction und Anlage der Blitzableiter entsprechend **Rücksicht** zu nehmen.

Jeder Entladungsstrom ruft in einem benachbarten geschlossenen Leiterkreise einen **Inductionsstrom** hervor. Auch auf diese Weise können elektrische Wirkungen an Körpern eintreten, die mit der Leitung des Entladungsstromes in gar keiner Verbindung stehen. Es leuchtet daher ein, dass auch auf diesen Umstand bei der Anlage von Blitzableitern sorgfältig geachtet werden muss. In welcher Weise dies zu geschehen hat, werden wir weiter unten zu erörtern Gelegenheit haben.

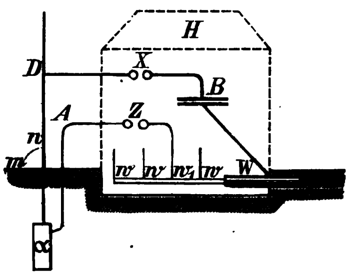
Hat der Schliessungsbogen für den Entladungsstrom Verzweigungen, so findet die Entladung nicht nur durch den Hauptschliessungsbogen statt, sondern auch durch diese Verzweigungen. Man bezeichnet eine derartige Erscheinung als **Seitenentladung.** Diese Seitenentladungen, welche verschieden stark sind je nach der Stärke der Hauptentladung und der Anordnungsweise der Zweigleitung, können auch bei fehlerhaft angelegten Blitzableitern entstehen. Hier können nämlich mehr oder minder geschlossene Metallmassen in der Nachbarschaft der Blitzleitung eine unbeabsichtigte Zweigleitung bilden. Die Nothwendigkeit, auf diese Umstände bei Anlegung von Blitzableitern sorgfältig Rücksicht zu nehmen, ist sehr deutlich aus den von **A. Töpler**[1]) durchgeführten Versuchen zu entnehmen.

Töpler's Versuchsblitzableiter bestand aus einem 60 Meter langen Kupferdrahtseile *D* (Fig. 10), welches an der Aussenseite des Dresdener Polytechnicums *H* durch 13 eiserne Stützen ohne Isolation am Mauerwerke befestigt war. Das Drahtseil führte zu einem circa 15 Meter

[1]) A. Töpler, über einige Experimente zur Blitzableiterfrage, Elektro-techn. Zeitschr. Berlin, V. (1884), p. 246.

vom Gebäude entfernten geräumigen Brunnen, in welchem das Grundwasser zur Zeit der Versuche 5·6 Meter hoch stand, so dass selbst grosse, mit dem Drahtseile verschraubte und verlöthete Platten *a* vollkommen in Wasser eingetaucht werden konnten. Als Elektricitätsquelle diente eine Leydener Batterie *B*, bestehend aus 74 Flaschen von zusammen mehr als 1½ Quadratmeter Batteriefläche. Mit Hilfe einer Töpler'schen Influenzmaschine konnte sie in 25 Secunden sehr stark geladen werden. Die äussere Belegung stand durch sehr dicke Kupferdrähte mit dem 12 Centimeter dicken Hauptrohre der Wasserleitung unmittelbar an der Eintrittsstelle *W* ins Gebäude in Verbindung. Von der inneren Belegung führte eine Leitung zu einer Messingkugel *X* von 13 Millimeter Durchmesser, der eine ebensolche Kugel in einer Entfernung von 10 Millimeter gegenüberstand. Die Verbindung zwischen der zweiten Kugel und der Blitzableitung *D* stellte ein kurzer Metallansatz her. Seitlich bei *a* war unterhalb des Wassers ein mit Guttapercha isolirter Zweigdraht *A* angelöthet, welcher dem Drahtseile *D* gegenüber im Brunnen aufstieg und in einer Kugel eines Mikrometers bei *Z* endete; die zweite Mikrometerkugel wurde mit irgend einem von dem Hauptstromkreise entfernten Theile w_1 der Wasserleitung verbunden. Die bei *Z* überspringenden Zweigfunken entsprachen also der zwischen dem Zweigdrahte *A* und der Wasserleitung herrschenden Potentialdifferenz.

Fig. 10.



Die Ergebnisse der Versuche, welche mit dem eben beschriebenen Apparate durchgeführt wurden, sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst, deren zweite Rubrik den Widerstand der Erdleitung in Siemens-Einheiten, deren dritte Rubrik die beiläufige Potentialdifferenz zwischen Wasserleitung und Blitzableiter und deren vierte Rubrik die Längen des Zweigfunkens in Millimeter enthält. (Siehe Tabelle auf S. 52.)

Die Versuchsanordnung von III wurde auch dazu verwendet, den Einfluss der Befestigung der Zweigleitung *A* an *D* zu prüfen. Zu diesem Behufe wurde die Zweigleitung nicht am Kabelende, sondern an verschiedenen nach rückwärts zu gelegenen Punkten befestigt und auch der Zweigdraht mit dem Funkenmikrometer an verschiedenen Stellen mit der Wasserleitung verbunden. Wurden hierbei allerdings Unterschiede gefunden, so ergab sich doch stets ein sehr starker, 2—4 Millimeter langer Zweigfunke.

Töpler dehnte seine Versuche auch auf die Blitzableiteranlage des Dresdener Polytechnicums aus, eines Gebäudes, das auf einer rechteckigen Grundfläche von circa 6000 Quadratmeter zwei durch einen Mitteltract getrennte Höfe umschliesst und ein auf den Dächern gut metallisch verbundenes Blitzableitersystem mit 12 starken verticalen Ableitern aus Kupfer besitzt; die acht älteren Ableiter reichen nicht sehr tief in den Erdboden, während die vier neueren mit Erdplatten von 1 Quadratmeter im Grundwasser ausgerüstet sind; die Gas- und Wasserleitungen stehen ausser jeder Verbindung. Die Ableitung der äusseren Batteriefläche war dieselbe wie die der vorbeschriebenen Versuche; die innere Belegung wurde mit einem verticalen Ableiter nahe dem Boden verbunden.

Erdleitung	Widerstand in S. E.	Potentialdifferenz Volts	Zweigfunken in Millimeter	Anmerkungen
I. Platte 4×0·5 Meter ganz unter Wasser	2·3	2000—3000	0·5	[1]
II. Platte 2×0·5 Meter und Drahtseil 3·6 Meter unter Wasser	3·0	2000—3000	0·65	Sehr merkliche Erschütterungen, wenn der Beobachter bei *m* auf Sand stand und bei *n* berührte.
III. Drahtseil 1 Meter unter Wasser, keine Platte . .	26·1	14000—15000	3·1	Erschütterungen fast unerträglich, selbst noch merkbar, wenn der Beobachter auf einem Isolirschemel stand.
IV. Blanke Eisenstange, 10 Millimeter dick, 1 Meter tief in feuchtem Gartenboden . .	30 0	14000 - 15000	3·3	Stange sowohl als auch nächste Umgebung gaben sehr starke Erschütterungen; 20 u. 100 Centimeter von der Stange entfernte, 10 Centimeter tief eingesenkte Drähte gaben am dazwischen geschalteten Mikrometer kleine Funken.
V. Zwei Kupferdrähte, 25 Meter lang, 3 Millimeter dick, horizontal, gegen einander rechtwinkelig, 10 Centimeter unter der Erde [2])	4·8	2000—3000	Mittel 0·7	Erschütterungen, ähnlich wie bei II.

[1]) Bei I hätte man wahrscheinlich dieselben Beobachtungen gemacht, wie bei II, wenn darauf geachtet worden wäre.

[2]) Die Erde war durch Schneefall und Thauwetter durchnässt. Der Zweigfunke war 0·85 Millimeter lang, wenn der Zweigdraht *A* an der Verzweigungsstelle der Endleitungen, 0·5 Millimeter lang, wenn der Zweigdraht *A* an einem Ende eines Erdleitungszweiges befestigt wurde.

Die Batterieentladungen erzeugten selbst an vom Anschlusspunkte entfernten Stellen des Blitzableitersystemes Funken in einer Abzweigung, die durch Verbindung einer solchen Stelle, z. B. im zweiten Hofe, mit der Wasserleitung im Gebäude hergestellt wurde. Besassen auch die zwischen Kupferspitzen erhaltenen Funken nur eine Schlagweite von $^1/_{30}$ bis $^1/_{25}$ Millimeter, so waren sie doch laut und hell und schmolzen die Elektrodenspitzen. Die Einschaltung des Körpers an Stelle des Funkenmikrometers bewirkte sehr merkliche Erschütterungen. Die Kleinheit der Schlagweiten des Zweigfunkens schreibt Töpler der grossen Capacität des Systemes zu, dadurch bewirkt, dass das Blitzableitersystem mit den Dachrinnen, einer längs aller Dachfirsten laufenden Plattform von Zink, dem Metalldache des Mitteltractes und einem eisernen Doppelgeländer von 90 Meter Länge verbunden ist. In Anbetracht dieses Umstandes ist es höchst beachtenswerth, dass überhaupt Funken von messbarer Schlagweite erhalten werden.

Es wurden also bei einem Blitzableitersysteme, welches eine Gesammtfläche der Erdplatten von ungefähr 16 Quadratmeter (mit einem Widerstande von 0·6) besitzt, Erschütterungen und messbare Funken in einer Zweigleitung gegen die Wasserleitung erhalten und in den Versuchen III und IV (bei 25—30 S. E. Erdwiderstand) sogar Zweigfunken beobachtet, welche ein Drittel der Schlagweite des Batteriefunkens besitzen. Nimmt man an, dass die Spannungen, welche auf einem vom Blitze getroffenen Blitzableiter vorkommen, viele hundertemal höher sein können, so scheint es fast praktisch unausführbar, den Erdplatten eine aus-

reichende Grösse zu geben. Da nach Kohlrausch Regenwasser etwa 600 Millionen, Schneewasser bis 2000 Millionen und mehr specifischen Widerstand hat, dürften Grundwässer mit 100 Millionen unter Quarzsandboden nicht zu den Seltenheiten gehören. Eine Kreisplatte von 4 Quadratmeter würde in diesem Falle etwa 10 S. E. Erdwiderstand zwischen Platte und Wasserleitung besitzen, also zwischen die Versuche II und III fallen, und somit eigentlich nicht einmal gegen Batterieschläge Schutz gewähren. Glücklicherweise unterscheiden sich die atmosphärischen Entladungen von den Batterieentladungen auch dadurch, dass erstere von einer schlecht leitenden wässerigen Fläche, letztere von der metallischen Fläche der Flaschenbelegung ausgehen. Erstere sind also im Vergleiche zu letzteren zweifelsohne bedeutend verzögerte Entladungen.

In welcher Weise die Verzögerung der Hauptentladungen auf den Zweigfunken einwirkt, zeigte Töpler dadurch, dass er unter Beibehaltung der Versuchsanordnung IV zwischen das Drahtseil D und den Batterieentlader X eine mit fast concentrirter Kupfervitriollösung gefüllte, 410 Millimeter lange Röhre von 15 Millimeter Durchmesser schaltete. Die Länge des Zweigfunkens wurde dadurch auf $^1/_{10}$ der früheren Länge, also auf 0·3 Millimeter gebracht und der Zweigfunke verschwand vollkommen, wenn die Kupfervitriollösung durch destillirtes Wasser ersetzt wurde.

Man mag aber den meilenweiten Schlagweiten des Blitzes was immer für eine Auslegung geben, immerhin werden dessen Partialentladungen noch bedeutend höhere Spannungen besitzen, als in obigen Versuchen auftraten. Hieraus folgt also unzweifelhaft, dass eine Seiten-

entladung, d. h. ein Abspringen des Blitzes von der Blitzleitung nur in der Weise zu vermeiden ist, dass man jede irgendwie bedeutende Metallmasse innerhalb des zu schützenden Gebäudes oder in dessen nächster Umgebung mit der Blitzleitung in gut leitende Verbindung setzt. Gas- und Wasserleitungen, die ausser Verbindung mit den Blitzleitungen stehen, werden um so eher Seitenentladungen veranlassen, als sie einerseits häufig bis in die höchsten Stockwerke reichen und andererseits mit weit grösserer Oberfläche in Berührung mit der Erde sind, als die Erdplatten der Blitzableiter. Man hätte den Anschluss der Blitzableitungen an die Gas- und Wasserleitungen selbst dann zu fordern, wenn bewiesen wäre, dass bei Entladungen der atmosphärischen Elektricität nie höhere Spannungen vorkämen, als die bei den Versuchen III und IV beobachteten.

5. Die Leitung des Entladungsstromes.

Eine, wie selbstverständlich, sehr wichtige Bedingung für die sichere Wirksamkeit eines Blitzableiters besteht in der Herstellung einer ausreichenden Blitzableiterleitung. Mit Sicherheit anzugeben, welche Dimensionen dieselbe haben müsse, um in allen Fällen zuverlässlich zu wirken, sind wir allerdings nicht im Stande, da uns sowohl die Quantitäten als auch die Spannungen, welche bei Blitzschlägen in Action treten, unbekannt sind. Eine experimentelle Erforschung ist uns hier wegen der verhältnissmässig schwach wirkenden Elektricitätserzeuger oder Ansammlungsapparate versagt. Wir müssen uns diesbezüglich auf die Erfahrung verlassen. Hingegen ist eine andere principielle

Frage häufig aufgeworfen und experimentell untersucht worden, nämlich ob elektrische Ströme hoher Spannung dem Ohm'schen Gesetze gehorchen oder ob diese ein anderes Verhalten zeigen.

Hierauf bezügliche Versuche wurden schon von Nollet und de Romas[1]) später von Preece, Th. du Moncel, Guillemin, Melsens[2]) u. A. ausgeführt. Hat Nollet keine uns hier interessirenden Consequenzen gezogen, so ging hingegen **de Romas** direct auf die Construction eines Blitzableiters aus. Dieser bestand bei ihm aus einem vielfachen Leitungssysteme, welches den zu schützenden Raum käfigartig umgab. Nach de Romas' Angabe wählt man hierzu ein Zimmer im Erdgeschosse (aber nicht unterirdisch), dessen Dielen mit Holznägeln ohne metallische Bestandtheile befestigt sind. Dieses überzieht man auf seiner Decke und seinen vier Wänden mit parallel verlaufenden Messingdrähten in der Dicke einer Stricknadel, so dass die einzelnen Drähte 3 bis 4 Zoll von einander entfernt zu liegen kommen. Diese Drähte werden miteinander durch einen Draht in leitende Verbindung gesetzt, welcher drei- bis viermal so stark ist, wie die vorerwähnten Drähte und rund um

---

[1]) Nollet, Leçons de physique expérimentale. 7. éd. 1771, T. VI, p. 289.

De Romas, Mémoire sur les moyens de se garantir de la foudre dans les maisons, suivi d'une lettre sur l'invention du cerf-volant électrique avec les pièces justificatives de cette même lettre. Paris 1776 (gelesen in der k. Akademie der Wissenschaften in Bordeaux am 25. August 1759.

[2]) Preece — Th. du Moncel, La lumière électrique, T. II, p. 393, 466, 510.

Melsens, Paratonnerres, notes et commentaires. Bericht Rousseau's über die Pariser Ausstellung (1881). Brüssel 1882, p. 61.

das ganze Zimmer läuft. Die Enden dieses Drahtes führt man durch die Mauer nach aussen, wo sie in spiralförmigen Windungen bis in die feuchte Erde reichen. Diesem, wie de Romas sagt, noch zu verbessernden Apparate wird eine Art Schilderhäuschen aus gut ausgetrocknetem Holze, mit Glasfenstern etc. versehen, beigegeben, welches die zu schützende Person aufnehmen soll und an einer Seidenschnur innerhalb des Drahtkäfigs aufzuhängen oder auf Glassäulen aufzustellen ist.

De Romas gelangte zu dieser Construction, indem er von der Ansicht ausging, dass sich der auf das Zimmer fallende Blitzstrahl in ebenso viele Theile zersplittere als parallele Drähte vorhanden sind, dass also seine Kraft durch weitgehende Zertheilung unschädlich gemacht werde. Diese vollkommene Theilbarkeit des elektrischen Funkens oder einer elektrischen Entladung hoher Spannung suchte de Romas auch experimentell mit Hilfe einer Elektrisirmaschine und seines elektrischen Drachen, welcher ihm Feuerstrahlen von 7 bis 12 Fuss Länge lieferte, nachzuweisen.

Zu den neueren Arbeiten über Leitung und Vertheilung hochgespannter Elektricität gehören die zahlreichen Untersuchungen, welche von **Melsens** durchgeführt wurden. Zunächst wurde hiermit der Nachweis geführt, dass die Theilbarkeit des elektrischen Funkens eine sehr vollkommene ist oder mit anderen Worten, dass sich der Entladungsschlag eines Generators oder eines Ansammlungsapparates für Elektricität auch in einem wie immer verzweigten Leiternetze an jeder Stelle desselben nachweisen lässt, dass man also einen kräftigen elektrischen Funken in beliebig viele kleine

Fünkchen zertheilen kann, indem man ersteren auf einen vielfach verzweigten Leiter überschlagen lässt.

Melsens experimentirte mit einem Vertheilungsrahmen, in welchem 390 Metalldrähte von sehr verschiedener Leitungsfähigkeit (im Verhältnisse von 1 zu 8) ausgespannt waren; ihre Querschnitte waren gleichfalls sehr verschieden und verhielten sich in ihren äussersten Grenzen wie 1 zu 62. Die Metalle, welche zur Verwendung kamen, waren Eisen, Messing, Kupfer, Zink und Blei. Es wurde mit Hilfe dieses Vertheilungsapparates gezeigt, dass von einem auf den Rahmen geleiteten Entladungsschlag oder Funken noch $^1/_{60000}$ nachweisbar ist. Ein solcher Theilungsfunke liess sich auch dann noch beobachten, wenn einer der sehr dünnen Versuchsdrähte eine Länge von 200 Meter erhielt; hierbei konnte die Holtz'sche Influenzmaschine, welche zu den Versuchen diente, mit zwei, einer oder gar keiner Leydener Flasche versehen sein oder auch der Entladungsschlag einer kräftigen Flaschenbatterie zur Verwendung kommen. Die elektrische Entladung blieb auch dann vollkommen sicher nachweisbar, wenn in einen der Versuchsdrähte ein Drahtwiderstand von 5000 S. E. eingeschaltet wurde, wenn man Säulen gewöhnlichen oder destillirten Wassers von 1 Meter Länge, Erdschichten mit 10 Procent Feuchtigkeit, ja selbst vollkommen trockenen Sand einschaltete. Auch wurde auf die vollkommen metallische Verbindung der 390 Drähte mit jener Stelle, auf welche der Entladungsfunke überschlug, keine besondere Sorgfalt verwendet.

Diese vollkommene Theilbarkeit des elektrischen Funkens ergab sich auch dann, wenn die Holtz'sche Maschine ohne Leydener Flaschen in Thätigkeit gesetzt

wurde, wobei sie bekanntlich keine eigentlichen Funken producirt, sondern ein büschelförmiges Ausströmen der Elektricität bewirkt. Auch in diesem Falle verbreitete sich die elektrische Ausströmung über alle Theile des Leitersystemes.

Auch die experimentelle Vergleichung zweier Drähte gleicher Dimensionen, von welchen der eine aus Kupfer der andere aus Eisen bestand, ergab interessante Resultate. Hierbei stellte sich ein verschiedenes Verhalten für den Funken einer Holtz'schen Maschine und jenen eines Inductionsapparates heraus. Der Funke der Holtz'schen Maschine passirte gleichzeitig beide Drähte, während sich der Inductionsfunke nicht anf beide Drähte vertheilte, sondern vielmehr bald durch einen, bald durch den anderen Draht passirte; dieses Verhalten des Inductionsfunkens erlitt keine Veränderung, wenn auch der Eisendraht bedeutend verlängert, also dessen Widerstand bedeutend erhöht wurde. Es zeigte sich ferner, dass der bei Anwendung galvanischer Ströme geltende Leitungscoëfficient für Funken oder Entladungsschläge keine Giltigkeit besitzt, dass das Widerstandsgesetz (für galvanische Ströme) ungiltig wird für Entladungsschläge, wenn diese gleichzeitig oder alternirend durch zwei verschiedene Leiter gehen.

Steigert man die Entladungsschläge bis zu einer bestimmten Grösse oder verringert man die Querschnitte der Drähte unter ein gewisses Mass, so werden die Drähte bekanntlich unregelmässig geknickt, verbogen oder zerrissen, geschmolzen oder ganz zerstäubt. Melsens erhielt bei diesen Versuchen ein für Eisen- und Kupferdrähte verschiedenes Verhalten. Waren die Drähte kurz (nur einige Centimeter lang) bei einem Querschnitte

von ungefähr $^1/_3$ Millimeter, so glühte und verbrannte der Eisendraht, wenn der Entladungsfunke einer kräftigen Leydener Batterie auf ihn geleitet wurde, während ein ebenso kräftiger Funke den Kupferdraht unverändert liess. Waren hingegen die Drähte mehrere Meter lang bei einem Durchmesser von $^1/_{10}$ Millimeter, so widerstand bei gleich starken Entladungen der Eisendraht, während der Kupferdraht theilweise schmolz (in Form einer Perlschnur) oder auch vollkommen zerstäubt wurde. Liess man den Entladungsschlag auf mehrere parallel gespannte Drähte wirken, welche an ihren Enden durch die gemeinsame Einspannvorrichtung untereinander in leitender Verbindung standen, so waren die Einknickungen und Verbiegungen, die man bei entsprechender Bemessung der Stärke des Entladungsschlages in den einzelnen Drähten erhielt, einander vollkommen parallel. Somit zeigt auch dieses Experiment, dass der Entladungsfunke sich über alle Theile eines Leitersystemes ausbreitet.

Das Ergebniss der vorstehend beschriebenen Experimente veranlasste Melsens zur Construction eines Blitzableitersystemes; in Bezug auf die Leitung ist für dasselbe die Anwendung vieler schwacher Leitungsdrähte an Stelle einer starken Leitung charakteristisch.

Auch **Preece** und **Th. du Moncel** beschäftigten sich eingehend mit der Frage, in welcher Weise die Bewegung hochgespannter Ströme sich entwickelt und auf welche Art daher die Leitungen für Blitzableiter anzulegen sind. Preece ist der Ansicht, dass die Wirkungen des Blitzes nur Wirkungen der Elektricitätsquantität seien und benützte daher zu seinen experimentellen Untersuchungen eine Batterie von 3240 Chlorsilberelementen in Verbindung mit einem Condensator,

dessen elektrostatische Capacität = 428 Mikrofarad — repräsentirend ein Potential von ungefähr 3317 Volts. Der Strom kann einen Platindraht von $2^1/_2$ Zoll Länge und 0·0125 Zoll Dicke schmelzen. Preece hält dies, von seiner bereits erwähnten Ansicht ausgehend, für eine zulässige Nachahmung des Blitzes. Man kann in einem kurzen Stromkreise 1 Centimeter Platindraht durch 1 Element erhitzen, benöthigt aber für einen Widerstand von 100 Ohms im Stromkreise mindestens 1000 Elemente, bei 10.000 Ohms mehr als 10.000 Elemente für denselben Zweck. Also handelt es sich darum, x Einheiten Elektricitätsquantität durch 1 Kilometer Luft zu schicken, so braucht man hiefür die Spannung eines Gewitters; es ist hingegen leicht, dieselbe Quantität durch 1 Centimeter Luft in unseren Experimenten gehen zu machen.

Preece untersuchte Leiter aus Kupfer von 30 Fuss Länge in Form von Röhren, massiven Cylindern und Bändern, bei allen Formen denselben Kupferquerschnitt beibehaltend. Der miteingeschaltete Platindraht brannte in allen Fällen bei $2^1/_2$ Zoll Länge durch. Dieselben Versuche mit Blei, welches einen zwölfmal grösseren Widerstand besitzt, durchgeführt, ergaben ebenfalls gleichen calorischen Effect. Hieraus schliesst Preece, dass auch Ströme hoher Spannung dem Ohm'schen Gesetze gehorchen und somit ein Leiter grosser Oberfläche gegenüber einem solchen mit kleiner Oberfläche (bei gleichem Querschnitte) keinen Vortheil gewährt.

Die Consequenzen, welche Preece aus seinen Versuchen zog, stimmen jedoch mit anderweitig angestellten Experimenten nicht ganz überein. So macht Th. du Moncel darauf aufmerksam, dass nicht jede Wirkung

einer elektrischen Entladung eine Wirkung der Quantität sein müsse, dass vielmehr auch die Spannung gewisse mechanische Veränderungen herbeiführen kann. Hierher gehört das Zerstäuben von Metalldrähten durch Entladungsschläge einer Leydener Batterie; auch ist der Funke eines grossen Ruhmkorff'schen Inductoriums im Stande, dicke Glasplatten durchzuschlagen, was andererseits durch keine auch noch so grosse galvanische Säule gelingt. Ebenso sprechen die Versuche **Guillemin's** gegen die von Preece vertretene Ansicht.

Guillemin benützte eine Batterie von sechs grossen Leydener Flaschen in Verbindung mit einem grossen Ruhmkorff'schen Inductorium (50 Centimeter Funkenlänge); die Entladungsströme hatten daher allerdings geringere Quantität als die von Preece benützten, dafür aber eine bedeutend höhere Spannung. Die Batterie wurde mit der zu untersuchenden Leitung und einer Erdplatte verbunden. Die Wirksamkeit dieser Leitung wurde an einem Eisendrahte von 0·1 Millimeter Durchmesser und veränderlicher Länge, welcher einen Nebenschluss bildete, beobachtet; der Eisendraht musste hierbei natürlich in desto grösserer Ausdehnung zur Rothgluth gelangen, je schlechter die Versuchsleitung die Ausbreitung der Entladung besorgte. Guillemin benützte als Versuchsleitung einen 2 Meter langen, 6 Centimeter breiten, auf Glasplatten isolirten Streifen Zinnpapier; der Eisendraht im Nebenschlusse hatte hierbei eine Länge von 15 Centimeter und kam nicht zum Glühen. Hierauf wurde der Zinnpapierstreifen der Länge nach zusammengefaltet und dadurch die Oberfläche nahezu um die Hälfte verkleinert, ohne Länge und Querschnitt zu verändern. In diesem Falle kam der Eisendraht zu

dunkler Rothgluth und bei weiterer Verkleinerung der Zinnpapieroberfläche in obiger Weise schmolz er auf seiner ganzen Länge.

An Stelle des Zinnpapieres wurden 60 Drähte, je 2 Meter lang und 0·25 Millimeter dick, eingeschaltet. Die Temperatur des Eisendrahtes stieg nicht über 400 Grad, so lange die 60 Versuchsdrähte je 1 Centimeter von einander entfernt blieben. Brachte man dann die Versuchsdrähte immer näher aneinander oder drehte man sie endlich wie in einem Drahtseile zusammen, so begann der Eisendraht zu glühen oder schmolz schliesslich.

Diese Experimente zeigen also, dass sich eine elektrische Entladung auf einem Leiter grosser Oberfläche viel rascher entwickelt als auf einem solchen von geringer Oberfläche; hiermit ist jedoch keineswegs gesagt, dass die Masse des Leiters keine Rolle spielt. Zur Beurtheilung eines Leiters genügt es, wenn Elektricität hoher Spannung ins Spiel kommt, eben nicht, nur die Wirkung nach bereits erfolgtem Entladungsschlage in Betracht zu ziehen, sondern es muss vielmehr der unmittelbar vorhergehende Moment berücksichtigt werden. Es genügt daher nicht, die Leitung, also z. B. die Blitzableiterleitung, hinreichend stark zu construiren, so dass sie im Stande ist, die ganze Quantität der übergehenden Electricität fortzuleiten, sondern sie muss gleichzeitig so angelegt werden, dass, wie bereits weiter oben ausführlich erwähnt, Seitenentladungen verhindert werden. Diesen bahnt aber die seitliche Induction, welche in erhöhtem Masse auftritt, als die Spannung der Elektricität eine höhere wird, den Weg. Die Quantität ist es, welche einen Leiter zur Rothgluth erhitzt, schmilzt u. s. w., aber die von der Spannung

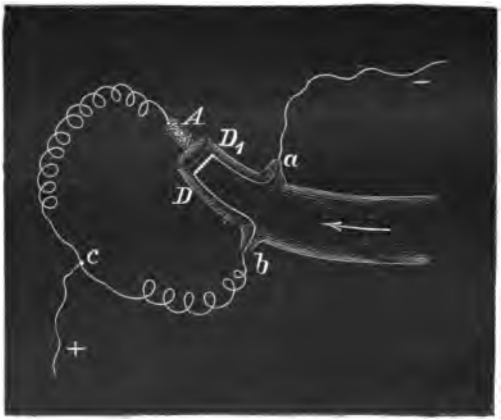
abhängige Induction ist es, welche die Quantität in diesen Leiter führt. Beide Ursachen zusammen geben die Wirkungen hochgespannter Ströme oder atmosphärischer Entladungen.

Wir können uns hierüber, wie Th. du Moncel gezeigt hat, auch experimentell Klarheit verschaffen. Gelegenheit hierzu bietet der Funke eines Ruhmkorff-schen Inductoriums. Dieser kann auf verschiedene Art leicht in zwei deutlich von einander unterschiedene Bestandtheile aufgelöst werden. Lässt man den Funken zwischen zwei nicht zu weit von einander entfernten Leitern überspringen, so erscheinen diese durch eine intensiv leuchtende Feuerlinie verbunden; diese ist umgeben von einer nicht sehr hellen, leicht beweglichen Lichtwolke, der sogenannten Aureole. Letztere lässt sich von dem eigentlichen Funken schon durch blosses Anblasen trennen. Noch vollkommener gelingt die Trennung durch einen von Perrot angegebenen Versuch. In ein aufgebogenes Glasrohr sind bei *a* und *b*, Fig. 11, Drähte eingeschmolzen, deren Enden sich bei $D D_1$ gegenüberstehen. Der von *a* ausgehende Draht ist mit dem einen Pole des Inductoriums verbunden, der von *b* ausgehende Draht steht bei *c* mit dem zweiten Poldrahte in Verbindung; von *c* geht noch ein dritter Draht $c A$ aus, dessen Ende der engen Mündung des Glasrohres gegenübergestellt wird. Durch das Rohr selbst treibt man in der Richtung des Pfeiles einen Luftstrom. Wird hierauf der Inductionsapparat in Thätigkeit gesetzt, so geht der glänzende Funke zwischen D und D_1 über, während die Aureole bei A erscheint.

Die Aureole bewirkt calorische und chemische Effecte und gehorcht dem Einflusse magnetischer Kräfte;

der Funke hingegen wirkt mechanisch, physiologisch und inducirend. Dass in der Gesammtentladung der Funke der Aureole vorhergeht, lässt sich auch mit Hilfe eines rotirenden Spiegels nachweisen. Auch ist es eine bekannte Thatsache, dass man in dem unterbrochenen Stromkreise einer Spannungsbatterie den Stromkreis dadurch schliessen, d. h. das continuirliche Ueberspringen von Batteriefunken dadurch einleiten

Fig. 11.



kann, dass man zunächst zwischen den beiden Enden an der Unterbrechungsstelle des Stromkreises Funken einer Leydener Flasche oder eines Inductoriums überspringen lässt. Dieser Methode bediente sich Gassiot bei seiner aus 3000 Elementen bestehenden galvanischen Batterie. Also wird auch hier durch eine Entladung hochgespannter Elektricität der Weg für das Nachströmen der Quantität (des Batteriestromes) vorbereitet.

Es bestimmt daher die Spannung des Blitzes im Momente des Einschlagens, sagt Th. du Moncel, den Effect der seitlichen Induction und diese kann bei einer gewissen Mächtigkeit eine seitliche Entladung bewirken. Um solche seitliche Inductionseffecte zu verhindern, die Prädisposition für Seitenentladungen gegen nahe gelegene Theile des Gebäudes zu beheben, ist es nothwendig, die Leiter so anzuordnen, dass eine solche hinreichende Spannung nie erreicht wird, dass sich die Entladung vielmehr so schnell als möglich ergiessen kann, und deshalb ist die grosse Oberfläche nothwendig, während der genügende Querschnitt für die Bewältigung der Quantität sorgt. Wenn Preece bemerkt, dass eine grosse Oberfläche eben wegen der Induction gefährlicher sei als eine kleine Oberfläche, so ist dies nur dann richtig, wenn der Induction Zeit gelassen wird, um zu ihrem Maximum anzuwachsen; dies ist aber hier nicht der Fall, da die Blitzentladung viel zu rasch erfolgt.

III. Aufgabe und Wirkungsweise eines Blitzableiters.

Die im vorhergehenden Abschnitte skizzirten Experimente und Untersuchungen lassen uns bereits erkennen, welche allgemeine Grundsätze bei der Construction von Blitzschutzvorrichtungen zu befolgen sind und in welcher Weise diese zu wirken vermögen. Es ist hieraus unschwer zu ersehen, dass die Wirkung eines gut angelegten Blitzableiters eine zweifache sein wird.

Kommt eine elektrische Wolke in die Nähe eines Blitzableiters, so muss dieser wegen seiner mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Spitze auf die Wolke gerade so einwirken, wie die einer elektrischen Messingkugel genäherte Spitze in dem auf Seite 47 beschriebenen Experimente. Der Blitzableiter bewirkt also eine theilweise oder gänzliche Entladung der Wolke, und zwar in Form einer büschelförmigen elektrischen Ausströmung ohne Funkenbildung, d. h. ohne Blitzschlag. Diese Wirkungsweise eines Blitzableiters ist hundertfältig beobachtet worden und die hierbei auftretende Erscheinung eines elektrischen Lichtbüschels auf der Spitze des Blitzableiters unter dem Namen Elmsfeuer allgemein bekannt.

Die zweite Aufgabe eines Blitzableiters besteht darin, dass er eine Gewitterwolke, welcher er in der eben angegebenen Weise ihre Ladung nicht vollkommen zu entziehen vermag, veranlasst, den Blitzstrahl gerade auf den Blitzableiter und nicht etwa seitwärts auf das zu schützende Gebäude zu schleudern und dass hierauf die gesammte auf den Blitzableiter übergegangene Elektricität ausschliesslich nur durch den Blitzableiter zur Erde geführt wird. Unter welchen Bedingungen die Elektricität sicher nur durch die vorgeschriebene Leitung zur Erde geleitet werden kann, wurde bereits im vorhergehenden Abschnitte ausführlich besprochen; auch werden wir weiter unten noch Gelegenheit haben, diesbezügliche Angaben zu machen.

Hingegen halten wir es für nothwendig, an dieser Stelle die Wichtigkeit der erstangegebenen, gewissermassen vorbeugenden, oder wie sie Melsens nennt, präventiven Wirkungsweise des Blitzableiters beson-

ders zu betonen, und zwar umsomehr, als neuerer Zeit von mancher Seite auf diese Aufgabe gar kein Werth gelegt wird. Man behauptet, dass die Menge der Wolkenelektricität, welche durch die Spitzenwirkung des Blitzableiters neutralisirt wird, zu unbedeutend sei, um gegen die gewaltige sich momentan erneuernde Ladung der Wolke in Betracht zu kommen. Dem ist aber nicht so; es zeigen dies vielfache Beobachtungen und verschiedene ganz unzweideutige Versuche. Hiervon nachstehend Folgendes:

„Im Jahre 1753 stellte", wie F. Arago[1]) berichtet, „Beccaria zu Turin auf dem Dache der Kirche *San Giovanni di Dio* eine Eisenstange auf, deren unterer Theil zwischen Stützen aus solchen Substanzen befestigt war, welche den Blitz schwer durchlassen. In geringem Abstande von dem unteren Ende dieser Eisenstange war der Anfang des Leiters. Der höchste Theil der Stange trug eine drehbare Metallspitze, die man vermittelst einer seidenen Schnur nach Belieben gegen den Himmel oder nach der Erde richten konnte. Wenn die Spitze gesenkt war, gab der Apparat keine Funken; wandte man plötzlich die Spitze gegen Himmel, so zeigten sich wenige Augenblicke nachher Funken und blieben wiederum aus, sobald man die Spitze aufs neue gegen die Erde richtete. Dieser Versuch beweist unzweideutig, wie sehr eine spitze Stange einer stumpfen, in Bezug auf Entladung des Blitzstoffes der Gewitterwolken, überlegen ist. Bezüglich der Menge von Elektricität, welche die Blitzableiter mit Spitzen den Wolken

---

[1]) Franz Arago's sämmtliche Werke, herausgegeben von Dr. W. G. Hankel, B. IV, p. 279.

entziehen, liefern Beccaria's Versuche ebenfalls das erforderliche Material zur Beurtheilung."

„Dieser geschickte Physiker hatte zu Turin an zwei von einander sehr entfernten Stellen des Palastes *Valentino* zwei dicke und steife Metalldrähte angebracht, die in der ihnen gegebenen Lage durch Nichtleiter festgehalten werden. In geringer Entfernung von jedem dieser Drähte befand sich ein anderer Draht, der zur Erde hinab und ziemlich tief in dieselbe hinein ging. Zur Zeit eines Gewitters nun sprangen lebhafte Funken, ich könnte sagen Blitze der ersten Classe,[1]) unaufhörlich zwischen den isolirten unteren Drähten über. Auge und Ohr waren kaum im Stande, die Unterbrechungen wahrzunehmen. Das Auge bemerkte keine Unterbrechung des Lichtes, das Ohr vernahm ein fast ununterbrochenes Geräusch. Es wird kein Physiker mir widersprechen, wenn ich behaupte, dass jeder einzelne Funke schmerzhaft gewesen wäre, dass zehn Funken vereinigt den Arm gelähmt, dass vielleicht hundert einen niederschmetternden Schlag gebildet hätten. Hundert Funken erschienen in weniger als zehn Secunden; es ging also jedesmal in zehn Secunden von einem Drahte zum anderen eine Quantität Blitzstoff über, die einen Menschen hätte tödten können, in einer Minute sechsmal so viel, in einer Stunde sechzigmal mehr als in einer Minute. Während eines Gewitters entzog also in einer Stunde jede Metallstange des Palastes Valentino den Wolken eine Quantität Blitzstoff, die 360 Menschen hätte tödten können. Es waren aber zwei solcher Stangen vorhanden, man muss also die Zahl verdoppeln, so haben wir schon

[1]) Darunter sind Zickzack-Blitze verstanden.

720. Aber der Palast Valentino hatte sieben pyramidale mit Metall bekleidete und mit den bis unter die Erdoberfläche hinabführenden Dachrinnen in Verbindung stehende Dächer. Die Gipfel dieser Pyramiden waren mit Spitzen versehen und erhoben sich höher in die Luft, als die Enden der beiden Drähte, mit welchen Beccaria seine Versuche anstellte. Alles berechtigt daher zu der Annahme, dass jede Pyramide wenigstens ebensoviel Blitzstoff abzog als jene dünnen Stangen. Wenn man also alles aufs niedrigste anschlägt, wenn man annimmt, dass der Valentino nur durch seine Spitzen wirkte und alle übrigen Theile des Gebäudes völlig wirkungslos waren, so würden wir dennoch bei diesem einzigen Gebäude die Quantität der dem Gewitter in dem kurzen Zeitraume einer Stunde entzogenen Materie hinreichend finden um 3240 Menschen zu tödten."

„Solchen Thatsachen gegenüber", fügt Arago hinzu, „lege ich, offen gestanden, wenig Werth auf theoretische Betrachtungen, durch welche man den Blitzstoff den die Blitzableiter den Gewitterwolken entziehen können, auf ein Unbedeutendes einschränken will. Jedenfalls würde dieses Unbedeutende die Kraft haben, Thüren einzuschlagen, Hausgeräthe zu zertrümmern und umzustürzen, Mauern zu zersprengen und Menschen zu tödten."

„Und haben wir nicht andere Erfahrungen", sagt Karsten[1]), welche diese Spitzenwirkung unzweifelhaft machen? Warum sind denn die Blitzschläge in den Städten so selten? Doch nicht etwa, weil sie wegen der vielen Blitzableiter ohne Schaden verlaufen und

[1]) Dr. G. Karsten, Gemeinfassliche Bemerkungen über die Elektricität des Gewitters und die Wirkung der Blitzableiter. Kiel 1880, p. 30.

deshalb unbemerkt bleiben. Die Zahl der Blitzableiter ist klein genug. Nein, weil jedes Haus, jeder rauchende Schornstein Spitzenwirkung ausübt und namentlich eine sehr vollständige, wenn die Dächer und Hauswände durch Regen benässt und leitend geworden sind. Wäre unsere Statistik über Brandschäden durch Blitz nur ein wenig besser, so würde sich zeigen, dass in Fabriksdistricten mit vielen hohen rauchenden Schornsteinen kaum ein schädigender Blitzschlag vorkommt. Endlich, ist nicht jeder Wald ein Beweis für diese den Blitz zur Erde hindernde Spitzenwirkung? Die Millionen Spitzen der Blätter und Nadeln hindern das Zustandekommen des Blitzes, der höchstens einzelne, besonders hervorragende Bäume des Waldes ab und zu trifft. Wäre dem nicht so, dann müssten jedes Jahr überall Waldbrände durch den Blitz erfolgen und es möchte kaum noch Wald existiren."

Ferner verweisen wir auf die zahlreichen Experimente, die mit „elektrischen Drachen" und sogenannten „Wetterfängern" von de Romas, Charles, Franklin, Richmann, Dalibard u. A. durchgeführt wurden, bei welchen hin und wieder selbst durch sehr unvollkommene Leitungen ganz kolossale Quantitäten Elektricität erhalten wurden, ohne dass ein Blitzstrahl auf die Auffangspitze gelangt ist.

Aber auch directe Beobachtungen über die Entladung von Gewitterwolken durch Blitzableiter liegen in grosser Anzahl vor. So erzählt Hemmer (Hemmer's Anleitung, p. 40)[1]) zum Beweise der Wirksamkeit der Blitzableiter anführend, wie

[1]) G. Karsten, Allgemeine Encyklopädie der Physik, Bd. XX. C. Kuhn, Handbuch der angewandten Elektricitätslehre, p. 183.

„zur gewitterzeit auf den spizen ser viler wetterleiter, in verschiedenen landen und gegenden, bleibende flämmchen, zum zeichen des abflusses des Blitzstoffes, gesehen worden",

die folgenden Ereignisse:

„Eine merkwürdige erscheinung dieser art ist im jare 1781, des abends bei einem schweren gewitter, auf zweien wetterleitern des schlosses zu Nimfenburg, deren 17 jeder mit 5 spizen darauf stehen, von dem ganzen kurfürstlichen hofe beobachtet worden, wodurch merere elektrische unglaubige so bekeret wurden, dass sie ire häuser ebenfals wider die blitzstralen bewafnen lisen. Nicht lang nach diser erscheinung hat sich daselbst eine weit merkwürdigere eräugnet. Es zog nämlich ein greüliches gewitter von westen gerad über dem schlosse nach osten hin, und sehet da, so bald di wetterwolken über dem schlosse her gegangen war, glichen si toden kolen, und gaben nicht mer das mindeste feuer von sich, da si doch alle auf der andern seite des schlosses, wo das gewitter her kam, so entsezlich blizeten, das der ganze himmel daselbst ein feüeriger strom zu sein schien."

Aehnliches berichtet Prokop Divisch über die Wirksamkeit seiner „meteorologischen Maschine", die er am 15. Juni 1754 aufgestellt hatte.[1] Gleich am selben Tage gelang ihm die Entladung einer Gewitterwolke. Die Gegenprobe bildete ein am 5. Juni 1756 aufsteigendes Gewitter, bei welchem die Maschine durch den Sturm gebrochen wurde. Kaum war die Maschine herabgestürzt, so entlud sich das Gewitter. Ueber ein

[1]) Vergleiche p. 17.

am 11. Juni desselben Jahres stattgehabtes Gewitter berichtet Divisch in nachstehender Weise (l. c.):

„Kaum erreichte die Maschine ihre gewöhnliche Anhöhe, als alles Blitzen und Donnern aufgehöret, die finstern Wolken traten aus einander, und bliebe von dem Ungewitter nichts anderes zuruck, als ein geringer, mit Linsen-Körnlein grossen Eyss vermengter Regen; wo doch ausser diesem Bezirk in Millfrauen, und anderen Orten auf eine Entfernung von anderthalb Stunden fast alles niedergeschlagen wurde. Von dieser Stund an (dem ewigen Gott seye immerwährender Dank) herrschte um Brenditz immerfort eine günstige Luft, also zwar, dass obwohlen durch den Julium und Augustum schier täglich grosse Ungewitter entstanden, solche dennoch für diesen Ort, und die in Diametro auf 2 Stunden umliegende Ortschaften ohne allen Schaden vorbeigegangen. Dass aber die Abziehung des Wetters die eigene, und in der Natur gegründete Würkung dieser Maschine seye, kann von denen Gönnern sowohl als unsern Widersachern zur Zeit des Ungewitters in allmaligen Augenschein genommen werden, dann sobald das Ungewitter 50 Grad an der Höhe erreichet, so erblicket man schon die Abziehung und Zertheilung in demselben. Gehet das Gewitter langsam, so ist die Abziehung gegen die Maschine wie pure Ströhme, weit und breit zu sehen; haltet solches aber einen schnellen Lauf, so erscheinet auch selbtes Stuck weiss von einandergerissen; inmassen dann, da das elektrische Feuer im Gewölk abgenommen, ganz natürlich erfolget, dass das Gewölk auseinandergehen müsse; zumahlen das Feuer durch seine anziehende Kraft das Gewölk (wie ein Leim zu sagen das Holz) zusammenfüget."

Solche und ähnliche Beobachtungen und Experimente könnten noch in grosser Anzahl angeführt werden, doch würde deren Aufzählung auch nicht mehr beweisen können, als durch das Mitgetheilte unzweifelhaft bewiesen ist. Das Verhalten eines gut angelegten Blitzschutzsystemes gegen eine Gewitterwolke ist sonach folgendes:

Die einem Blitzableiter sich nähernde elektrische Wolke bewirkt im ersteren wie überhaupt in jedem nahe stehenden Leiter (natürlich auch auf der Erde) eine Vertheilung der Elektricität durch Influenz. (Die Wirkung auf Nichtleiter hat hier für uns kein Interesse.) Die Influenzelektricität erster Art wird als ungleichnamig von der Wolkenelektricität angezogen, die Influenzelektricität zweiter Art als gleichnamige abgestossen. Erstere muss sich daher am oberen, der Wolke am nächsten gelegenen Theile ansammeln, auf der Spitze (oder den Spitzen) die grösste Dichte erreichen und daher gegen die Wolke zu ausströmen. Die Influenzelektricität zweiter Art wird hingegen abgestossen werden und, eine gute Erdleitung vorausgesetzt, zur Erde abfliessen.

In Folge dieses Verhaltens des Blitzableitersystemes muss an jener Stelle der Wolke, welche der Spitze zunächst steht, die Dichte der Wolkenelektricität gesteigert werden, weshalb auch hier eine Ausströmung der Wolkenelektricität eintreten muss. Die gegeneinander ausströmenden ungleichnamigen Elektricitäten der Wolke und des Blitzableitersystemes neutralisiren sich gegenseitig in der Seite 45 u. f. angegebenen Weise und bewirken dadurch eine gänzliche oder theilweise Entladung der Wolke.

Ist die Ladung der Wolke zu bedeutend oder erneuert sich dieselbe zu rasch, als dass die Ausströmung und Neutralisirung durch die Spitzenwirkung eintreten könnte, so erfolgt der Ausgleich der Elektricitäten bei einer bestimmten Spannung durch den elektrischen Funken, d. h. durch einen Blitzschlag, der bei richtiger Anlage der Blitzschutzvorrichtung stets zwischen Wolke und Spitze des Blitzableiters erfolgen wird, weil an der Spitze die weitaus grösste elektrische Dichte herrscht. In diesem Falle fordert man von einer guten Anlage, dass ihre Leitungsfähigkeit ausreichend sei, um die Ausgleichung ausschliesslich nur auf der Leitung zu ermöglichen oder, wie man sich kurz ausdrückt, um den Blitz ohne Gefahr für die Leitung sowohl als auch für das zu schützende Object zur Erde zu leiten.[1])

IV. Der Blitzableiter und seine Bestandtheile.

Ueber die Aufgaben, welche eine Blitzschutzvorrichtung zu erfüllen hat, genugsam unterrichtet, können wir uns nunmehr der technischen Herstellung derartiger Anlagen selbst zuwenden. An den Blitzschutzvorrich-

---

[1]) Thatsächlich kommt natürlich nicht blos die Influenzwirkung der Wolke auf den Blitzableiter, sondern auf die ganze der Wolke gegenüber befindliche Erdoberfläche in Betracht, von welcher das Gebäude mit seinem Blitzableiter nur einen Theil bildet. Doch da dies keine principielle Aenderung der in Rede stehenden Erscheinungen bewirkt, wurde der Einfachheit halber die Influenzwirkung nur auf den Blitzableiter bezogen.

tungen, wie solche zum Schutze grösserer Objecte, und zwar ausserhalb derselben, in Verwendung kommen, also bei den eigentlichen Blitzableitern, kann man folgende Theile unterscheiden: die Spitze, die Auffangstange, die oberirdische Leitung und die Erdleitung.

1. Die Spitze.

Theorie und Experimente weisen darauf hin, dass die Beschaffenheit der Spitze für die Wirksamkeit des Blitzableiters von wesentlichem Belange ist. Sie lassen uns auch erkennen, dass eine Spitze desto besser ihrem Zwecke entspricht, je schärfer sie ist (je mehr sie sich einer mathematischen Spitze nähert) und ein je besseres Leitungsvermögen sie besitzt. Ersteres bestimmt unter sonst gleichen Umständen ihre präventive oder vorbeugende, letzteres, zum Theile im Vereine mit ersterem, ihre präservative oder schützende Thätigkeit, sobald sie ein Blitzstrahl trifft. Die Theorie lässt uns aber auch noch eine weitere Bedingung erkennen, die gleichfalls ins Auge zu fassen ist, wenn die Spitze ihren Zweck erfüllen soll: das Material, aus welchem sie gefertigt ist, muss einen hohen Schmelzpunkt besitzen, um nicht beim Einschlagen eines Blitzes oder gar schon beim continuirlichen Ausströmen (in Form des Elmsfeuers) geschmolzen und verdorben zu werden. Dies zu vermeiden erscheint um so wichtiger, als Reparaturen am obersten Theile der Auffangstange häufig nur schwierig und kostspielig auszuführen sind.

Diesen Forderungen der Theorie schliesst sich als wichtigste Forderung der praktischen Ausführung die an, dass die Spitze, allen Einwirkungen der Atmosphärilien in hohem Masse ausgesetzt, diesen dauernd wider-

stehen soll; auch darf der Preis kein zu hoher sein, wenngleich übertriebene Sparsamkeit hier sehr schlecht am Platze wäre. Eine Spitze, welche allen diesen Anforderungen vollkommen entspricht, ist, wie leicht einzusehen, nicht herstellbar. Wir kennen z. B. gegenwärtig kein Material, welches, zu einer Nadelspitze geformt, bei hoher Leitungsfähigkeit einen so hohen Schmelzpunkt besitzt, dass es nicht durch einen Blitzstrahl geschmolzen würde.

Glücklicherweise kommt es hier auf die Vollkommenheit nicht so sehr an, als häufig behauptet wurde und wird, und hat auch hier, wie so häufig, eine unbegründete oder gar nur speculative Verbesserungssucht mancherlei Gutes als unbrauchbar oder gar gefährlich darzustellen versucht. Wollten wir sämmtliche Spitzenconstructionen, auf welche Patente genommen sind, beschreiben, so könnte hiermit ganz gut ein Bändchen gefüllt werden. Hiervon abgesehen, haben sowohl einzelne Fachmänner als auch wissenschaftliche Corporationen Regeln aufgestellt, nach welchen die Spitzen (ebenso wie die ganzen Anlagen) herzustellen sind; das Wichtigste möge nachstehend mitgetheilt werden.

Schon im Jahre 1823 trat eine **französische Commission** zusammen, welche den Rath gab, auf das aus Messing anzufertigende Ende der Auffangstange eine Platinnadel von 5 Centimeter Länge mit Silber aufzulöthen und die Löthstelle durch einen gut aufgepassten Kupferring zu verstärken. Diese Spitzen erwiesen sich als ganz unbrauchbar, da sie wegen der langen, scharfen Zuspitzung (des zu kleinen Endwinkels) einen zu geringen Querschnitt besassen und daher sehr leicht abgeschmolzen wurden.

Eine zweite im Jahre 1854 einberufene Commission gab daher die allzu scharfen Spitzen auf und empfahl dafür Spitzen, wie sie die Fig. 12 zeigt. Das Ende der eisernen Fangstange, welche oben einen Durchmesser von 2 Centimeter besitzt, erhält ein Schraubengewinde von 1 Centimeter Höhe und 1 Centimeter Durchmesser. Hierauf schraubt man einen mit entsprechender Schraubenmutter versehenen Kegel aus Platin, der an seiner Basis einen Durchmesser von 2 Centimeter bei einer Höhe von 4 Centimeter besitzt. Aus dieser Construction resultirt ein Endwinkel von beiläufig 28 Grad. Die Verbindung der Spitze mit der Fangstange wird nach der Verschraubung noch durch Schweissung vollkommen gesichert. Es ist nun allerdings nicht zu leugnen, dass diese Spitze ihrem Zwecke recht gut entspricht; hingegen ist zu bedenken, dass der Preis des Platins ein ziemlich hoher ist. Der Kostenaufwand für dieses Metall kann allerdings dadurch verringert werden, dass man unter Beibehaltung der äusseren Form und der Dimensionen auch den Kern der kegelförmigen Spitze aus Eisen bestehen lässt und auf dieses nur einen Kegelmantel aus Platin aufsetzt. Wird die Verlöthung des Platinmantels mit dem Eisenkerne sorgfältig ausgeführt, so steht diese Spitze der ersterwähnten in keiner Weise nach.

Fig. 12.

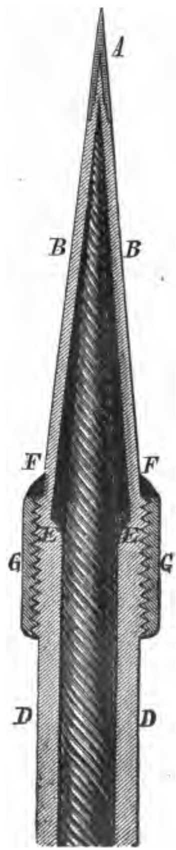


Wie Buchner[1]) mittheilt, wendet Berghausen in Köln mit grossem Vortheile die in Fig. 13 abgebildete

[1]) Dr. O. Buchner, Die Construction u. Anlage der Blitzableiter.

Form der Spitze an. „Das Kupferdrahtseil (der Leitung) steht über das obere Ende der röhrenförmigen Fangstange hervor und wird mit dieser bei *E* verlöthet. Dann wird die hohle kupferne Spitze *B* fest auf das Drahtseilende aufgeschraubt bis zur vollen metallischen Berührung mit der Fangstange; es darf also das hervorragende Ende des Drahtseiles weder zu lange noch zu kurz sein. Die Verbindungsstelle bei *E* wird durch einen aufgeschraubten Muff *G* überdeckt und bei *F* nochmals verlöthet. Auf das obere Ende der Kupferspitze wird eine Platinspitze *A* metallisch eingelassen und mit Silber aufgelöthet. Auf diese Weise entsteht eine wenigstens doppelte metallische Verbindung der Spitze mit Stange und Ableiter und die Praxis hat gezeigt, dass Schmelzungen bei Blitzschlag nur sehr selten vorkommen; nur eine der geschmolzenen Spitzen musste von Berghausen ersetzt werden, die anderen waren aber noch so spitz und glatt, dass sie ohne Bedenken stehen bleiben konnten; die früher benützten ausschliesslich kupfernen Spitzen schmolzen hingegen viel stärker".

Fig. 13.



C. Kuhn [1]) hält reines Silber für das weitaus beste Spitzenmaterial, da das Leitungsvermögen desselben für Entladungsströme beiläufig

[1]) Karsten, Encyklopädie der Physik, B. XX, p. 96.

1·36	mal	so	gross	wie	das	des	reinen	Kupfers
1·81	„	„	„	„	„	„	„	Goldes
7·7	„	„	„	„	„	„	„	Eisens
9·6	„	„	„	„	„	„	„	Platins

ist und sein Schmelzpunkt bei 1000 Grad Celsius liegt, also jedenfalls hoch genug, um eine Veränderung der Cohäsion durch Einfluss der Wärme nicht befürchten zu müssen, wenn die Leitungsfähigkeit der Spitze selbst ausreichend ist.

„Die Unveränderlichkeit unter dem Einflusse der Atmosphäre", sagt Kuhn, „ist ohnehin eine charakteristische Eigenschaft des Silbers, und es würden höchstens derartige Aenderungen nur dann eintreten können, wenn das Silber einer Atmosphäre ausgesetzt wird, welche luft- oder wasserförmige Schwefelverbindungen enthält. Ausserdem ist bei gleichem Gewichte der Preis des Silbers nur etwa der vierte oder fünfte Theil von dem des Platins und es mögen die Kosten einer Silberspitze kaum so viel wie die einer vergoldeten Kupferspitze betragen; ferner lässt sich das Silber sehr leicht bearbeiten und mit anderen Metallen durch Löthen verbinden. Eine solche Silberspitze würde, wenn ihre Basis einen Durchmesser von 8 bis 9 Linien erhält, viel länger gemacht werden dürfen als eine Platinspitze, ohne dass die Kosten dabei sich höher herausstellen wie für die aus Platin, während ihre Wirksamkeit hierdurch erhöht werden könnte. Man kann es daher vorläufig als ausgemacht ansehen, dass so lange ein anderes Metall oder eine Metall-Legirung, die jene Eigenschaften in noch höherem Grade besitzen wie das Silber, nicht angegeben werden kann, dieses Metall für den vorliegenden Zweck am geeignetsten sein dürfte."

Diese Silberspitzen sollen seit ihrer Empfehlung durch Kuhn vielfach und speciell in Rheinpreussen häufig zur Anwendung gelangen.

Fig. 14.

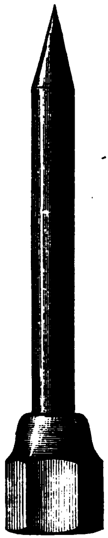


Da die älteren Vorschläge, Platin als Spitzenmaterial zu verwenden, wegen der schwierigeren Bearbeitung und des hohen Preises wenig Aussicht auf allgemeine Ausführung hatten, entschloss sich bereits die **französische Commission** vom Jahre 1855 das schon von Franklin vorgeschlagene Kupfer neuerdings als Spitzenmaterial zu empfehlen. In der That ist das Leitungsvermögen des Kupfers ein sehr hohes, nach dem Silber, wie oben angegeben, das höchste. Die Kupferspitze wird sich daher durch einen Entladungsstrom bedeutend weniger erhitzen als eine gleiche Spitze aus Platin. Die Commission schlug vor, mit dem eisernen Ende der Fangstange einen Kupfercylinder von 2 Centimeter Durchmesser zu verschrauben und zu verlöthen und diesen zu einem Kegel zuzuschärfen, dessen Basisdurchmesser zur Höhe sich wie 2:3 verhält.

Die Commission hat es nicht für nothwendig befunden, die Kupferspitze durch einen Ueberzug aus irgend einem edlen Metalle gegen Oxydation zu schützen, während man in Deutschland hingegen durch Vergoldung der Spitze häufig einen solchen Schutz anstrebt. Auch lässt man die Spitze in einem kleineren Endwinkel auslaufen. So hat z. B. die **General-Inspection des Ingenieurcorps** und der Festungen zu Berlin die in

Figur 14 dargestellte Form vorgeschlagen.[1]) Die Spitze ist ganz von Kupfer und am oberen Theile stark im Feuer vergoldet. Das obere Ende des verzinkten Eisenseiles (der Leitung) ist in eine kupferne Hülse eingelöthet und das Ganze dann an die Spitze fest angeschraubt. Durch Umwickeln und Verlöthen von Kupferdrähten oder noch besser mittelst kupferner Klammern wird die Spitze und das Seil nun an die oben abgerundete eiserne Auffangstange befestigt.

Fig. 15.



M. Lindner[2]) ist der Ansicht, dass es vollständig genügen würde, die Enden der Auffangstangen zuzuspitzen und nur die äusserste Zuspitzung mit einem schwer oxydirbaren Ueberzuge zu versehen, wenn hiergegen nicht praktische Schwierigkeiten sprächen. Lediglich aus diesem Grunde ist es rathsam, auf die Auffangstange eine einfache Spitze aufzuschrauben. Eine solche einfache bewährte Spitze ist in Figur 15 dargestellt. Ein 20 Centimeter langer und 13 Millimeter starker Stab aus reinem Kupfer ist am oberen Ende 30 Millimeter lang zugespitzt und daselbst mit einem Platinblechkegel versehen, während am unteren Ende eine Rothgusspatrone solid aufgeschraubt ist, durch welche gleichzeitig die Spitze auf der Stange festgezogen wird.

In jüngster Zeit wurde von dem elektrotechnischen Institute **Alwin Hempel** in Dresden das Nickel als

---

[1]) Dr. O. Buchner, l. c.

[2]) Zeitschrift für Elektrotechnik, 1884, II, 182.

Spitzenmaterial vorgeschlagen und hierauf ein Patent angemeldet. Hempel verwirft das Platin, weil es starken Strömen zu viel Widerstand bietet und daher in kurzer Zeit abgeschmolzen wird. „Herr Hempel hat die glückliche Idee gehabt, mit reinem Nickel Versuche zu machen. Diese haben die bekannte Thatsache bestätigt, dass Nickel allen Witterungseinflüssen so gut widersteht wie Gold und Platin. Dank seinem viel niedrigeren Preise aber können daraus grosse massive Spitzen hergestellt werden, welche nicht nur ein prächtiges silberweisses Aussehen haben, sondern, was die Hauptsache ist, nie oxydiren, daher auch stets gut leitend bleiben. Fortwährende Controlen und Reparaturen sind bei dieser Spitze unnütz, sie bietet eine absolute Sicherheit und kostet dabei kaum mehr als die bisher gebräuchlichen Spitzen. Nicht zu vergessen ist auch, dass sie stets ihren Metallwerth behält. Wir richten das Augenmerk aller derer, die sich mit Blitzableiteranlagen beschäftigen, auf diese hochwichtige Erfindung."[1])

Dieser Darstellung gegenüber haben wir zu bemerken, dass die Anwendung von Nickelspitzen für Blitzableiter zwar keine hochwichtige Erfindung ist, wohl aber ganz entschieden widerrathen werden muss. Die Schlussfolgerung, welche Hempel aus der längst bekannten Widerstandsfähigkeit des Nickels gegen Oxydation zieht, dass nämlich das Nickel aus diesem Grunde stets gut leitend bleibt, ist darum falsch, weil das Nickel überhaupt nie gut leitet, sondern im Gegentheile von allen bisher als Spitzenmaterial vorgeschlagenen Metallen weitaus den grössten Leitungswiderstand aufweist, wie

---

1) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, III, 478.

nachstehende Bestimmungen von Matthiesen erkennen

Fig. 16.



lassen. — Bei Null Grad Celsius beträgt der specifische Widerstand eines Kubikcentimeters

Silber	1·521	Mikroohm
Kupfer	1·616	„
Gold	2·081	„
Platin	9·158	„
Eisen (geglüht) . . .	9 825	„
Nickel	12·600	„

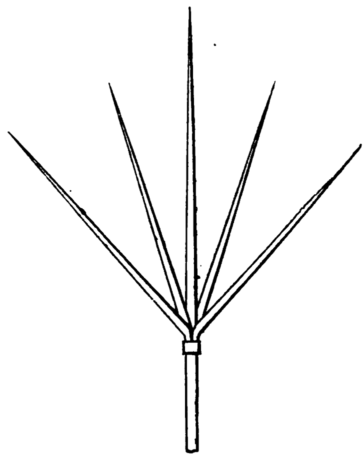
Somit wird sich das Nickel bei derselben Stromstärke weitaus stärker erhitzen als alle übrigen Metalle und daher auch dem Abschmelzen in höherem Grade ausgesetzt sein; überdies liegt auch der Schmelzpunkt des Nickels unter jenem des Eisens.

Vollkommen abweichend von den bisher beschriebenen Spitzen ist die in Fig. 16 abgebildete; sie wurde von Ad. Bein zur elektrischen Ausstellung in Wien (1883) gesandt. Aus Weichguss angefertigt, wird sie mit einer dicken Schichte einer patentirten Masse überzogen, deren Hauptbestandtheil Graphit bildet. Die Massa soll in Folge ihrer vielfachen Zacken und Spitzen sowohl eine dem Auge wohlgefällige Form ermöglichen, als auch eine Vertheilung des Blitzes beim Einschlagen bewirken; ferner wird auf ihre Unschmelzbarkeit hingewiesen.[1])

[1]) Die Anwendung von Graphit ist nicht neu. Es wurde schon von Patterson der Vorschlag gemacht, die Spitzen aus Reissblei (Graphit) zu verfertigen; aber bereits van Marum zeigte, dass diese Spitze für den in Rede stehenden Zweck ganz unbrauchbar ist. (C. Kuhn, l. c. p. 94.)

Auch **mehrfache Spitzen** scheinen schon seit geraumer Zeit zur Anwendung gekommen zu sein; C. Kuhn (l. c. p. 206) schreibt nämlich, Henley habe im Jahre 1772 den Blitzableiter einer Capelle zu London, der vorher dreispitzig war und von einem Blitzschlage zerstört wurde, nachher nicht mehr mit mehreren Spitzen versehen lassen. Ein eifriger Vertheidiger der Blitzableiter mit mehrfachen Spitzen war Imhof, dessen Anordnung in Fig. 17 dargestellt ist. Es wurden um die mittlere verticale Spitze vier Spitzen, jede um 45 Grad gegen den Horizont geneigt, angebracht. Derartige Spitzen scheinen vielfache Verwendung gefunden zu haben.

Fig. 17.



In neuerer Zeit hat auch **Melsens** die mehrfachen Spitzen für sein Blitzschutzsystem angenommen. Melsens verwendet an Stelle einer hohen, schwer zu befestigenden Fangstange 0·5 bis 2 Meter hohe Spitzenbüschel. Sechs bis sieben Spitzen sind mit einer Neigung von 45 Grad büschel- oder fächerförmig an der längeren verticalen Spitze befestigt. Sie haben 6 bis 7 Millimeter Durchmesser an der Basis und sind aus Rothkupfer oder verzinktem Eisen angefertigt; auch Eisendraht mit aufgesetzter Kupferspitze kommt zuweilen zur Verwendung.

Zehn solcher Spitzenbüschel mit zusammen 60 bis 70 Spitzen sollen nicht so hoch kommen, wie eine Stange alten Modells.

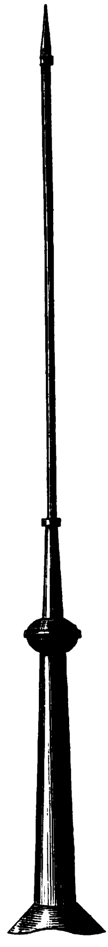
Zenger endlich sieht von der Anwendung einer Spitze an der Auffangvorrichtung überhaupt ganz ab, ersetzt sie vielmehr durch ein Ovoid. Dies wird experimentell in nachstehender Weise begründet. Lässt man bei den auf Seite 27 beschriebenen Experimenten die Entladung zwischen Condensatorplatte und Auffangvorrichtung erfolgen, so tritt eine Funkenentladung, also eine blitzähnliche Erscheinung ein, wenn die mit einer Spitze versehene Auffangvorrichtung 45 bis 50 Centimeter von der Condensatorplatte entfernt ist; endet die Auffangvorrichtung in einem Ovoide, so erfolgt der Funke erst bei einer Entfernung von nur 10 Centimeter und bei Anwendung einer Kugel auf 8 Centimeter. Da nun, schliesst Zenger, die Blitzentladung zu vermeiden und die ruhige büschelförmige Ausströmung zu befördern ist, erscheint die Verwendung eines Ovoides angezeigter als die einer Spitze. Das Ovoid ist überdies in Folge seiner stärkeren Masse der Gefahr des Schmelzens weniger ausgesetzt als eine feine Spitze.

2. Die Fangstange.

Die Auffangstangen sind aus Eisen herzustellen. Ihr Querschnitt soll am oberen Ende kein geringerer sein als jener der weiter unten zu besprechenden Leitung. Der Querschnitt am unteren Ende ist abhängig von der Länge der Auffangstange. In früherer Zeit bediente man sich zur Herstellung der Fangstangen prismatischen Stabeisens, und zwar auf Anempfehlung der französischen Commissionen hin. Es ist jedoch, wie aus den oben

gegebenen theoretischen Erörterungen leicht einzusehen, ganz unzweckmässig, den viereckigen Querschnitt beizubehalten; der Querschnitt soll vielmehr an jeder Stelle der Stange ein Kreis sein. Gleichgiltig ist hingegen, ob die Fangstange von ihrer Basis bis zur Spitze gleichmässig kegelförmig zuläuft oder ob sie nur in ihrem oberen Theile kegelförmig, im unteren aber cylindrisch geformt ist. Kann die Stange nicht in einem Stücke hergestellt werden, so sind ihre einzelnen Theile durch Schweissung sorgfältig miteinander zu vereinigen. Ein Verschrauben der einzelnen Theile untereinander ist nicht zu empfehlen. Werden Eisenröhren zur Herstellung der Fangstange benützt, so ist darauf zu sehen, dass diese eine genügende Wandstärke besitzen und falls mehrere Stücke miteinander zu verbinden sind, dass die Fangstange in ihrer ganzen Länge dasselbe Leitungsvermögen besitzt. Hieraus folgt, dass eine Verschraubung und Verkittung, wie sie bei Gasleitungen vorkommt, hier unzulässig ist.

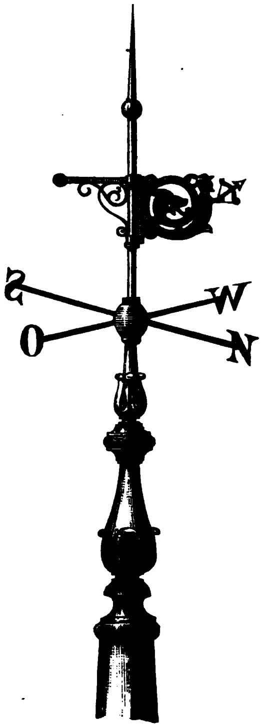
Fig. 18.



Eine Fangstange einfachster Form ist in Fig. 18 dargestellt; der Zinkblechmantel, welcher die Stange in ihrem unteren Theile umschliesst, verleiht der Fangstange nicht nur ein gefälligeres Aussehen, sondern dient auch dazu, das Eindringen von Regenwasser an der Befestigungsstelle der Stange auf dem Dache zu verhindern. Dieser Umstand ist wichtig, weil durch Nichtbeachtung desselben einerseits

das Holz des Dachstuhles leicht in Fäulniss geräth, andererseits eine Ableitung der Elektricität nach unerwünschten Richtungen eintreten könnte.

Fig. 19.



Bei Gebäuden, welche in der einen oder anderen Art architektonisch ausgeschmückt werden, hat auch die Bedachung in der Regel keine einfache Form, sondern ist vielmehr durch Giebeln, Thürmchen und dergleichen geziert. Die Dächer von derlei Gebäuden tragen häufig Windfahnen, bei grösseren Gebäuden wohl auch Flaggenstangen oder Flaggenstangen combinirt mit Windfahnen. Da derartige Aufsätze wegen ihrer Höhe, ihres Materiales und ihrer gewöhnlich zahlreichen Spitzen und Kanten ohnehin unbedingt in die Blitzableitung einbezogen werden müssen, erscheint es in vielen Fällen zweckmässig, sie selbst gleich als Fangstange zu benützen und dem entsprechend zu gestalten. Der Blitzableiter bildet dann, in dieser Weise ausgeführt, eine Zierde des Gebäudes, wie dies z. B. aus Fig. 19 zu ersehen ist.

Unterhalb der Spitze ist die Windfahne angebracht, die man, um ein Rosten zu vermeiden, zweckmässig aus Rothkupfer verfertigt. Unterhalb derselben zeigt ein

mit den entsprechenden Buchstaben versehenes horizontales Kreuz die vier Weltgegenden an. Der ornamentirte Mantel der Fangstange kann aus Zinkblech oder Zinkguss hergestellt sein. Es ist zweckmässiger, drehbare Ornamente, wie eben die Windfahne, in der Weise an der Stange zu befestigen, dass sich erstere um die letztere dreht, als auch die Stange an der Drehung theilnehmen zu lassen. Letzteres würde nämlich eine Unterbrechung der Auffangstange erfordern, was für die vollständige Sicherung einer gleichförmigen Leitungsfähigkeit in der ganzen Länge der Stange unvortheilhaft wäre.

Flaggenstangen aus Holz versieht Berghausen mit einem soliden Metallknopfe, auf welchem eine Platinspitze aufgesetzt ist; das Drahtseil der Leitung schliesst sich an den Metallknopf an. Um bei Reparatur, Anstrich u. dgl. die Stange ohne Beschädigung des Ableiters umlegen zu können, erhält das Drahtseil der Leitung unmittelbar über dem Dache eine entsprechende Verschraubung. In dieser Weise hat Berghausen in Köln die Fangstangen auf den Thürmen der neuen Elbebrücken bei Hamburg und Harburg, auf der Rheinbrücke bei Hochfeld u. s. w. eingerichtet. Bis zu 6 Meter Höhe hat man auch konische schmiedeeiserne Röhren zu Flaggenstangen, durch welche einfach das Drahtseil durchgeführt wird. Unter dem Knopfe ist die Rolle mit der Leine zum Aufziehen der Flagge. Fig. 20 zeigt, in welcher Weise auch eine Windfahne auf der Flaggenstange angebracht werden kann.[1])

---

[1]) Dr. O. Buchner, Construction und Anlegung der Blitzableiter, p. 42.

Auch die auf Kirchthürmen zur Zierde häufig aufgesetzten Ornamente, wie Kreuz, Adler, Hahn u. dgl.,

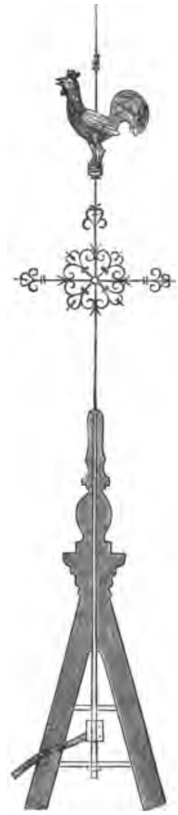
Fig. 20.



erfordern besondere Beachtung, speciell dann, wenn sie drehbar sein sollen. Hat man auf einem vollendeten

Thurme erst nachträglich einen Blitzableiter aufzustellen, so ist die Aufstellung einer Fangspitze oberhalb des abschliessenden Ornamentes häufig nicht gut ausführbar. Man hilft sich dann in der Weise, dass man gleich oberhalb des Thurmknopfes um die das Ornament tragende Stange ein kupfernes Halsband anlegt und dieses mit vier, etwa um 45 Grad geneigten Auffangspitzen versieht. Sind spitzige und scharfkantige Theile des Ornamentes in irgend einer Weise gegen das Rosten geschützt, so kann sogar von der Anbringung einer eigenen Fangspitze überhaupt abgesehen werden; die Leitung wird dann direct an den Träger des Ornamentes angeschlossen.

Fig. 21.



Sind keine besonderen Schwierigkeiten zu umgehen, so versieht man einen Thurm stets mit einer besonderen Auffangstange. In welcher Weise dies erfolgt, möge nachstehendes Beispiel lehren. In vielen Gegenden herrscht der Gebrauch, über das Kirchthurmkreuz, wohl auch an Stelle desselben einen Hahn zu setzen, der, abgesehen von seiner symbolischen Bedeutung, gleichzeitig auch als Wetterfahne zu dienen hat. Dann kann die Anordnung derart sein, wie dies Fig. 21 darstellt. Die Stange, welche das Kreuz trägt, durchsetzt den Thurmhelm und ist innerhalb desselben an eisernen Klammern fest verschraubt. Oberhalb des Kreuzes be-

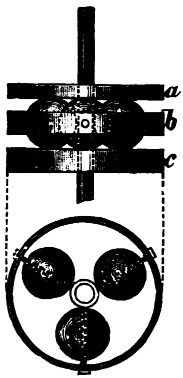
findet sich der Hahn und dieser wird von der Fangspitze überragt.

Die Anbringung der Hahn-Windfahne erfordert doppelte Vorsicht: einerseits muss der Hahn hinlänglich leichte Beweglichkeit besitzen, andererseits dafür gesorgt sein, dass die elektrische Leitungsfähigkeit gut ist und bleibt. Um letzteres zu erreichen, wird man

Fig. 22.



Fig. 23.



daher auch hier eine derartige Construction zu wählen haben, bei welcher die Auffangspitze an der Drehung des Hahnes keinen Antheil nimmt. Um den Hahn dauerhaft leicht beweglich zu machen, kann dieser die durch die Figuren 22 und 23 dargestellte Einrichtung erhalten.[1]) Der Hahn ist auf einer runden Kupferscheibe *a* befestigt, welche mit der Auffangstange in keiner Ver-

---

[1]) A. Callaud, Traité des paratonnerres. Paris 1874, p. 45.

bindung steht, diese vielmehr durch ihren Mittelpunkt frei hindurchgehen lässt. Eine ebensolche Scheibe *c* ist mit der Auffangstange fest verbunden. Zwischen beiden befindet sich der Kupferring *b*, welcher drei radiale Achsen für ebensoviele Glaskugeln trägt. Zwischen den drei Achsen, im Mittelpunkte, ist ein freier Raum, um die Fangstange durchzulassen, welche auch den Hahn in einer röhrenförmigen Führung durchsetzt. Die Kugeln rollen auf der an der Stange befestigten Scheibe *b* und der Hahn ist einfach auf die Kugeln daraufgestellt, wodurch er sehr leicht durch den schwächsten Windstoss gedreht werden kann. Das Abheben des Hahnes durch kräftigen Wind wird durch die Verschraubung verhindert, durch welche die die Spitze tragende Kupferstange oberhalb des Hahnes mit der Fangstange verbunden ist.

Fig. 24.

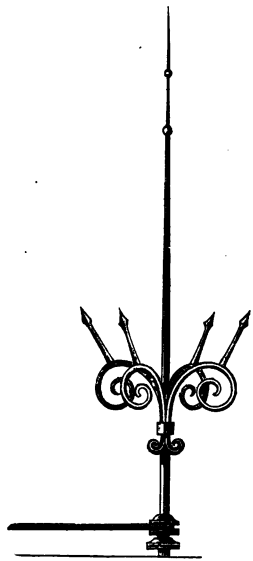


Fig. 24 zeigt endlich eine einfach ornamentirte Auffangstange für mehrfache Spitzen, wie sie z. B. Callaud anwendet.

Die vier Schnecken am unteren Theile der Fangstange sind aus Schmiedeeisen und mit der Stange durch einen soliden Ring verschraubt. Jede dieser Schnecken trägt eine etwas geneigte kleine Fangstange mit Platinspitze.

Wir haben bislang nur die Form der Auffangstange in Betracht gezogen, auf deren Dimensionen, speciell die Höhe derselben, keine Rücksicht genommen. Dass die richtige Bemessung der letzteren aber von Wichtigkeit ist, können wir aus den oben gegebenen theoretischen Betrachtungen entnehmen. Hieraus können wir ersehen, dass die Höhe einer Auffangstange dann zweckmässig bemessen sein wird, wann die Spitze der Gewitterwolke näher zu stehen kommt als irgend ein anderer Theil des zu schützenden Objectes. Sonach hängt die Höhe der Stange einerseits von der Form und Grösse des zu schützenden Objectes und andererseits von der Stellung der Wolke ab. Den ersterwähnten Umstand zu berücksichtigen bietet selbstverständlich keine Schwierigkeit dar. Dem letzteren hingegen kann nur annähernd Genüge geleistet werden, da sowohl die Stellung, Grösse und Bewegung der Gewitterwolken eine verschiedene ist, als auch die Vertheilung und Intensität ihrer elektrischen Ladung.

Die Frage um die richtige Höhe der Auffangstange oder die umgekehrte Frage: welchen Raum schützt eine Stange von gegebener Höhe? ist nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft nicht zu beantworten und wird vielleicht auch künftig nicht beantwortet werden.

Es wurden aber zahlreiche Untersuchungen über den **Schutzkreis**, beziehungsweise **Schutzraum** ausgeführt und verschiedene Ansichten und Regeln hierüber ausgesprochen. Die wichtigsten mögen nachstehend eine kurze Erwähnung finden. Franklin selbst stellte keine eigentliche Regel auf, sondern forderte nur, dass der Blitzableiter 6 bis 8 Fuss den Gipfel des Gebäudes

überragen soll und dass für grosse Gebäude zwei oder mehrere Blitzableiter aufgestellt werden.

Landriani will, auf verschiedene Beispiele von Blitzschlägen gestützt, den Halbmesser des Wirkungskreises eines Blitzableiters nur zwei- bis dreimal so gross als die Höhe des Blitzableiters angenommen wissen und fordert hierbei überdies noch, dass einzelne hervorragende Theile des Gebäudes mit Spitzen versehen werden, die mit der Hauptleitung in Verbindung zu setzen sind. Es ist dies eigentlich auch die Regel, welche von der französischen Commission im Jahre 1823 angenommen wurde, welche nach Charles lautet: Der Wirkungskreis eines Blitzableiters ist ein kreisförmiger Raum, dessen Radius doppelt so gross ist als die Auffangstange. Die genannte Commission erklärt übrigens auch diese Charles'sche Regel für unsicher und schränkt deren Anwendung durch verschiedene Vorbehalte ein.

Da hiermit eigentlich wieder kein sicherer Anhaltspunkt gegeben war, sah sich Arago veranlasst, die Frage neuerdings zu studiren. Das Resultat dieser Studien war: man sei berechtigt, die Weite der schützenden Kraft der auf den höchsten Theilen der Gebäude errichteten Blitzableiter auf das Doppelte der Höhe der Auffangstangen über der Befestigungsstelle anzuschlagen. Buchner[1]) giebt der Regel folgende Fassung: „Der Umfang der schützenden Kraft eines auf den höchsten Theilen der Gebäude angebrachten Blitzableiters ist zu dem Doppelten der Höhe der Auffangstange über ihrem Befestigungspunkte anzuschlagen."

---

[1]) Dr. O. Buchner l. c., p. 56.

Dieser Regel ist die Bemerkung angeschlossen: „Es lässt sich diese Regel in keiner Weise wissenschaftlich aus den Gesetzen, die wir über die Elektricität kennen, begründen. Sie ist jedoch der Erfahrung angepasst und muss in Ermanglung einer grösseren wissenschaftlichen Sicherheit festgehalten werden."

W. Holtz [1]) versteht unter Schutzraum einen geraden, rechtwinkeligen Kegel, dessen Spitze mit der Spitze der Auffangstange zusammenfällt. „Hiernach ist das Gebäude geschützt, wenn jeder der genannten Punkte (untere Dachecken, Enden der First und was diese überragt) von der nächsten Auffangstange oder deren nach unten gedachter Verlängerung in horizontaler Richtung keinen grösseren Abstand hat, als selbiger Punkt, vertical gemessen, unter der Spitze dieser Stange liegt." Hierzu werden noch verschiedene einfachere Regeln für specielle Fälle gegeben, von denen einige mitgetheilt werden mögen. Ein gewöhnliches Gebäude ist durch eine Auffangstange geschützt, wenn diese, zweimal hintereinander horizontal umgelegt gedacht, so weit als die Ecken der Mauern reichen würde. Holtz will jedoch mit der Länge der Auffangstangen nur dann bis zu 5 Meter gehen, wenn es unbedingt nothwendig ist, weil bereits bei dieser Länge die Aufstellung und Befestigung der Stange unsicher und schwierig wird; in der Regel wird man daher nicht bis zu dieser Länge gehen, sondern lieber zwei oder mehr kürzere Stangen aufstellen. Durch zwei Stangen würde ein Gebäude am einfachsten in der Weise geschützt, dass jede Stange

---

[1]) Dr. W. Holtz, Ueber die Theorie, die Anlage und die Prüfung der Blitzableiter, p. 37.

für eine Hälfte zur Verwendung käme; doch da es sich mehr um die Enden als die Mitte des Gebäudes handelt, rückt man die Stangen lieber soweit gegen die Enden der First, dass diese nach der vorhin gegebenen Regel sicher geschützt sind, und begnügt sich in der Mitte mit einem Zusammentreffen erst nach dreimaliger Umlegung.

Man ist stets genöthigt, mehr als zwei Fangstangen aufzustellen, wenn das zu schützende Gebäude einen unregelmässigen Grundriss besitzt, wenn hervorragende Ornamente oder Thürme vorhanden sind oder überhaupt besondere Verhältnisse das Einschlagen eines Blitzes begünstigen. Bei ganz flacher Bedachung muss die Fangstange schon nach einmaliger Umlegung das Gebäude decken. Die Anforderungen, welche in speciellen Fällen gestellt sind, sollen uns später noch beschäftigen.

G. Karsten[1]) giebt für die Höhe und Zahl der Auffangstangen folgende Regel: Die Höhe der Auffangstangen und deren Zahl ist so zu wählen, dass bei Gebäuden von einfacher, regelmässiger Form (quadratische oder rechteckige Querfläche) der Halbmesser des Schutzkreises jeder Stange auf die doppelte Höhe derselben angeschlagen wird, bei Gebäuden von anderer Form oder bei gefährlichen Anlagen nur auf die einfache Höhe. Aus Rücksicht auf sichere und feste Aufstellung ist es besser, mehrere kurze statt einer übermässig langen Auffangstange zu verwenden.

Nach W. H. Preece ist der Schutzraum eines Blitzableiters ein Kegel, dessen Spitze mit der Spitze

---

[1]) G. Karsten, Gemeinfassliche Bemerkungen über die Elektricität des Gewitters und die Wirkung der Blitzableiter, p. 42.

der Fangstange zusammenfällt und dessen Basis ein Kreis bildet mit einem Radius gleich der Höhe des Blitzableiters. Diese Fixirung des Schutzraumes wird in folgender Weise begründet. Eine Gewitterwolke nähert sich seitlich dem Blitzableiter. Man zieht von der Wolke eine Linie zur Blitzableiterspitze und eine Linie senkrecht zur Erde; die Entladung der Wolke erfolgt dann offenbar durch den Blitzableiter, wenn die zur Erde gezogene Linie gleiche Länge hat als die die Wolke und die Blitzableiterspitze verbindende Linie.

Firmin Larroque,[1]) Melsens u. A. halten die Bestimmung des Schutzraumes überhaupt für unbestimmbar und sehen die Wirksamkeit der Blitzableiter eigentlich nur in der Ableitung des Blitzstrahles von der Wolke zur Erde. Die Höhe der Fangstange wird daher auch als ziemlich gleichgiltig betrachtet, und zwar umsomehr, als sie im Vergleiche zur Entfernung der Wolken doch nur selten in Betracht gezogen werden kann; hingegen legt man auf eine grosse Anzahl von Spitzen und Leitungen Werth und sieht nur hierin einen wirklich sicheren Schutz.

3. Die oberirdische Leitung.

Die Ansichten über eine zweckmässige Herstellung der Leitung, d. h. des Verbindungsgliedes zwischen Fangstange und Erdleitung, gehen womöglich noch weiter auseinander als jene über den sogenannten Schutzraum. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nicht nur in dem Umstande, dass uns die Stärke, welche ein

---

[1]) Firmin Larroque, La foudre et les paratonnerres, La lumière électrique, T. XIV, p. 172.

Blitzschlag erreichen kann, unbekannt ist, sondern auch darin, dass hierbei vielerlei Verhältnisse in Betracht zu ziehen sind. Es ist Rücksicht zu nehmen auf die Leitungsfähigkeit des Materiales für elektrische Ströme, auf die Widerstandsfähigkeit des Materiales gegen elektrische Einwirkungen und gegen die Einwirkung der Atmosphärilien; auf seinen Schmelzpunkt, seine Festigkeit, sein Gewicht, seine Geschmeidigkeit bei der Herstellung der Leitung, auf die Kosten, auf die äussere Form u. s. w.

Es ist im Vorhinein klar, dass man als **Leitungsmaterial** nur einen guten Leiter der Elektricität, also ein Metall wählen wird. Bekanntlich ist aber auch das Leitungsvermögen der verschiedenen Metalle keineswegs dasselbe, sondern ein sehr verschiedenes. So giebt Karsten an für:

	Bei Null Grad
Silber	136·25
Kupfer	100·00
Zinn	30·84
Messing	29·33
Eisen	17·74
Blei	14·62
Platin	14·16

Sind die edlen Metalle schon wegen ihres Preises von der Anwendung zu Leitungen ausgeschlossen, so erfährt die Auswahl des Materiales noch durch andere Umstände eine erhebliche Einschränkung. Zinn und Zink sind zu spröde und werden zu leicht brüchig. Messing, in früherer Zeit in Form von Drahtseilen häufig benützt, hat sich gar nicht bewährt. Es ändert sehr rasch sein Gefüge, indem es krystallinisch wird,

Sprünge und Risse bekommt und auch den Einwirkungen elektrischer Ströme sehr schlecht widersteht.[1]) Die Anwendung des Bleies ist nicht zu empfehlen, da es durch sein bedeutendes Gewicht die zu schützenden Objecte zu stark belastet, eine verhältnissmässig geringe Leitungsfähigkeit und einen niedrigen Schmelzpunkt besitzt. Somit bleibt uns nur mehr die Wahl zwischen Eisen und Kupfer. Zieht man nur das elektrische Leitungsvermögen dieser beiden Metalle in Betracht, so muss man sich, wie obenstehende Tabelle zeigt, unbedingt für das Kupfer entscheiden.

Für die Anwendung des Kupfers sprechen auch noch folgende Umstände: das Kupfer widersteht sehr gut den Einwirkungen der Luft, belastet bei hinreichender Festigkeit und Leitungsfähigkeit die zu schützenden Objecte am wenigsten, lässt sich leicht biegen und stücken und erleichtert dadurch wesentlich die Herstellung oder Reparatur einer Anlage. Hingegen besitzt das Eisen eine grössere Festigkeit und Dauerhaftigkeit in Bezug auf mechanische Einwirkungen, erhält durch elektrische Ströme ein festeres Gefüge, während das Kupfer durch diese nach und nach spröde wird, schmilzt bei höherer Temperatur als das Kupfer und ist billiger als dieses. Das Eisen rostet aber leicht und erleidet dadurch eine successive Verminderung seiner Leitungsfähigkeit; überdies kann das Rosten an Verbindungsstellen die metallische Continuität der Leitung zerstören, falls hierauf nicht besondere Aufmerksamkeit bei Her-

---

[1]) Ausführliche Angaben hierüber sehe man nach in: Kunst- und Gewerbeblatt, herausgegeben vom polytechn. Ver. für das Königreich Bayern, XXVIII, 148—160; Karsten, Encyklopädie der Physik, XX, 79.

stellung der Leitung verwendet wurde. Dem Rosten kann übrigens durch Anwendung von verzinktem Eisen begegnet werden und die Schwierigkeiten bei der Montage einer Eisenleitung werden geringer, wenn Eisendrahtseile an Stelle der Stangen zur Anwendung gelangen.

Nach F. Neesen[1]) kommt bei der Wahl des Leitungsmateriales das bessere Leitungsvermögen des Kupfers direct überhaupt nicht in Betracht, weil ja doch ein unvermeidlicher weitaus grösserer Uebergangswiderstand bei der Erdleitung in jeder Blitzableitung vorhanden ist. Im Vergleiche zu diesem sehr bedeutenden Widerstande verschwindet der Unterschied im Leitungsvermögen zwischen Eisen und Kupfer. Derselbe macht sich aber indirect geltend.

„Nehmen wir z. B. eine Stange von $^1/_2$ Quadratcentimeter Querschnitt, so haben 1000 Meter Eisen einen Widerstand von etwa 5 S. E., 1000 Meter Kupfer von nicht ganz 1 S. E. etwa 0·8 S. E. Dieser Unterschied fällt aber nicht ins Gewicht, wenn man bedenkt, dass der Widerstand der Erdleitung nothwendig grösser ist. Der Leitungswiderstand kommt aber indirect in Betracht. Denn eine andere Frage — und das ist die bestimmende — ist die nach der Erwärmung durch den Blitz und die dadurch hervorgerufene Gefahr der Schmelzung. Nehmen wir Eisen, so wird die entwickelte Wärme, da dieselbe proportional dem Widerstande ist, ungefähr sechsmal grösser sein wie beim Kupfer. Die Temperaturerhöhung ist nun proportional der ent-

---

[1]) F. Neesen: Ueber Gewitter und Blitzableiter, Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, II, p. 452.

wickelten Wärme und umgekehrt proportional der zu erwärmenden Masse und der specifischen Wärme, daher wird dieselbe beim Eisen bei gleichem Querschnitte fünfmal grösser wie beim Kupfer ausfallen."

„Der Schmelzpunkt des Eisens liegt nun allerdings auch höher wie der des Kupfers, indessen bei weitem nicht fünfmal so hoch. Daher muss bei der Wahl von Eisen ein grösserer Querschnitt genommen werden, um der Gefahr der Schmelzung mit derselben Sicherheit wie beim Kupfer vorzubeugen. Nimmt man den Querschnitt so an, dass die Temperaturerhöhung dieselbe beim Eisen und Kupfer ist, also etwa 2·5mal grösser beim Eisen, so hat Eisen den Vorzug, dass wegen der höheren Schmelztemperatur desselben die Gefahr des Schmelzens geringer ist."

Auch die Versuche von Melsens (Seite 59) sprechen dafür, dass der Unterschied im Leitungsvermögen zwischen Kupfer und Eisen bei der Wahl des Materiales direct keinen Einfluss hat. So hat sich auch in der That die Berliner Akademie trotz der vielen guten Eigenschaften des Kupfers für die Anwendung von Eisen entschieden. Die Anwendung desselben dürfte sich namentlich dann empfehlen, wenn die ganze Leitung nur in einfachen langen Linien verläuft, weil dann auch die Verlegungskosten dieses Materiales jene einer Kupferleitung nicht gar zu sehr überragen.

Wie gross ist der **Querschnitt** der Leitung zu wählen? Offenbar so gross, dass auch der stärkste Blitzschlag sicher zur Erde geleitet wird, ohne hierbei die Leitung zu beschädigen oder zu erhitzen. Wäre uns die Maximalstärke, welche eine Entladung atmosphärischer Elektricität erreichen kann, bekannt, so könnte der

Querschnitt der Leitung leicht und sicher berechnet werden. Da dies aber nicht der Fall ist, müssen wir die Bestimmung auf empirischem Wege versuchen. Wir wollen uns hierbei an die wiederholt citirte Abhandlung von G. Karsten halten.

Arago hat über eine grosse Anzahl von Blitzschlägen wohlbeglaubigte Daten gesammelt, aus welchen zu ersehen ist, dass Rundeisenstangen im Durchmesser von 13·54 Millimeter (sechs Pariser Linien) auch nach den heftigsten Blitzschlägen keine Spur einer Schmelzung zeigten. Wir können also mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass Eisenstangen von diesem Durchmesser alle Blitzschläge in entsprechender Weise zur Erde ableiten. Ob dieser Zweck auch durch schwächere Leitungen erreicht wird, ist hieraus allerdings nicht zu entnehmen. Die Leitungen, an welchen die erwähnten Blitzschläge beobachtet wurden, hatten Längen von 20 bis 30 Meter. Ist sonach eine Eisenleitung, deren Durchmesser 13·54 Millimeter beträgt, bei einer Länge von 20 bis 30 Meter vollkommen ausreichend, so können auf dieser Grundlage auch die Dimensionen für Blitzleitungen aus anderen Metallen leicht berechnet werden; es ergiebt sich dann für eine Kupferleitung von derselben Länge und Leitungsfähigkeit ein Durchmesser von 5·53 Millimeter.

Nehmen wir vorläufig an, dass die Sicherheit einer Leitung bei derselben Länge und aus demselben Metalle nur vom Querschnitte abhängt, so lässt sich die Stärke der Leitung durch das Gewicht der Längeneinheit ausdrücken, was für die Praxis bequemer ist, da die sichere Bestimmung des Querschnittes, z. B. bei Drahtseilen oder Blechen, umständlicher erscheint.

In nachstehender Tabelle sind nun die Gewichte in Grammen zusammengestellt, welche ein 1 Meter langes Stück erhalten muss, um ein gleiches Leitungsvermögen zu besitzen wie ein 13·54 Millimeter dicker Rundeisenstab. Zink und Blei wurden hierbei aufgenommen, weil diese bei Bauten häufig verwendeten Metalle für Nebenleitungen ab und zu in Betracht kommen könnten.

	Gewicht in Gramm für 1 Meter Länge	Querschnitt in Quadratmillimetern	Dicke bei massiven runden Stäben in Millimetern	Specifisches Gewicht des Materials
Eisen	1123	144	13·54	7·8
Kupfer	232	24	5·53	8·9
Zink	506	72	9·59	7·0
Blei	2736	240	17·48	11·4

Ebenso könnte man auch die Breiten, Durchmesser oder Wandstärken für Bleche, Drahtseile oder Röhren berechnen. Wie oben erwähnt wurde, verliert das Eisen, wenn es längere Zeit in Verwendung steht, durch Rosten an seiner Leitungsfähigkeit und ebenso nimmt auch die Leitungsfähigkeit des Kupfers mit der Zeit ab. Um bei Anlage von Blitzableitern trotzdem sicher zu gehen, wird man daher die oben angegebenen Gewichte etwas vergrössern müssen, wie ja ein ähnlicher Vorgang auch bei anderen baulichen Constructionen eingehalten wird. Karsten bestimmt daher das erhöhte Gewicht von einem Meter Eisenleitung zu 1200 Gramm und von einem Meter Kupferleitung zu 250 Gramm.

Die Leitungsfähigkeit einer Blitzleitung hängt bei einem und demselben Materiale aber nicht nur vom

Querschnitte, sondern auch von der **Länge** ab. Wären also jene Eisenleitungen, für welche sich das Gewicht von 1200 Gramm per Meter als widerstandsfähig für jeden Blitzschlag gezeigt hat, nur 20 Meter lang gewesen, so müsste das Gewicht eines Meters für eine l Meter lange Eisenleitung gleich sein $\frac{1200}{20} . l = 60 . l$ und das für eine gleichwerthige Kupferleitung $12 \cdot 5 . l$. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass die ganze Berechnung darauf beruht, dass eine Eisenstange von 13·54 Millimeter Durchmesser und 20 Meter Länge jeden Blitzschlag zu leiten im Stande ist.

Karsten glaubt, dass obige Berechnung für Leitungen bis zu 30 Meter Länge zweckmässig anzuwenden sei, wenngleich die erhöhten Gewichte von 250 Gramm, beziehungsweise 1200 Gramm der Rechnung zu Grunde gelegt wurden; der geringe Mehraufwand an Material erhöht weder die Kosten erheblich noch erschwert er die Verlegung der Leitung. Bei langen Leitungen würden jedoch obige Ziffern zu ganz unnöthigen Metallmassen führen und somit wird für diese ein Einheitsgewicht von 210 Gramm bei Kupfer und von 1140 Gramm bei Eisen vorgeschlagen. Hieraus ergiebt sich für die Berechnung des Gewichtes einer längeren Kupferleitung die Formel $7 . l$ und für Eisen $38 . l$. Nach diesen Formeln sind auch die Gewichte per laufendes Meter Kupfer und Eisen in nachstehender Tabelle berechnet. (Siehe S. 106.)

Dieser Tabelle fügt Karsten bei, dass man im Allgemeinen wohl mit vier Stärken von Kupferstäben auskommen könne, und zwar 1. für Landkirchen und sehr gefährliche technische Anlagen (z. B. Pulverfabriken)

	Eisen			Kupfer		
	Gewicht pro Meter in Gramm	Durchmesser bei runden Stäben in Millimeter	Querschnitt in Quadrat-Millimeter	Gewicht pro Meter in Gramm	Durchmesser bei runden Stäben in Millimeter	Querschnitt in Quadrat-Millimeter
bis 30 Meter	1200	14·1	156	250	5·9	28
30—40 „	1520	15·9	197	280	6·3	32
40—50 „	1900	17.7	247	350	7·1	39
50—60 „	2280	19·4	296	420	7·8	47
60—70 „	2660	21·0	346	490	8·4	55
70—80 „	3040	22·4	395	560	9·0	63
90 u. darüber	3420	23·8	444	630	9·6	71

circa 600 Gramm Gewicht pro laufendes Meter Kupferleitung, 2. für Mühlen und grosse Gebäude circa 500 Gramm, 3. für mittlere Gebäude circa 350 Gramm, und 4. für kleine Gebäude circa 250 Gramm. Mit Rücksicht auf die oben citirte Erläuterung Neesen's wird zwar die Erhöhung des Leitungswiderstandes in Folge einer Verlängerung der Leitung gegenüber dem unvermeidlichen grossen Uebergangswiderstande bei der Erdleitung keine Rolle spielen, so dass also auf eine progressive Steigerung des Gewichtes pro laufendes Meter bei Zunahme der Leitungslänge verzichtet werden könnte, wenn nicht mit der Länge der Leitung auch die Gefahr einer Seitenentladung wachsen würde; aus diesem Grunde halten wir daher auch diese Steigerung des Gewichtes für empfehlenswerth.

Ferner ist zu obiger Art der Querschnittberechnung, beziehungsweise Bestimmung des Gewichtes pro laufen-

des Meter zu bemerken, dass sie nur angenähert gilt, bei speciellen Fällen aber den jeweiligen Umständen entsprechend corrigirt werden kann. Es werden z. B. ganz verschiedene Anforderungen an Leitungen gestellt, welche auf Häusern angebracht werden sollen, die auf verhältnissmässig trockenem Grunde, umgeben von anderen Gebäuden, stehen, und an solche auf einzeln stehenden Häusern auf sehr feuchtem Grunde, z. B. in Moorgegenden oder gar an Leitungen auf Schiffen. In den letzteren Fällen bietet das zu schützende Object nicht nur im grossen Umkreise über der Erd- oder Wasserfläche den höchsten Punkt dar, sondern das relativ gut leitende Wasser oder der wasserdurchtränkte Grund erfährt durch die Gewitterwolke eine viel stärkere Influenzwirkung als ein trockener Grund und veranlasst dadurch viel stärkere Entladungen zwischen Wolke und Erde.

Bezüglich der **Form** der Leitung ist zu bemerken, dass bis jetzt runde und viereckige Stangen, Drahtseile, Röhren und Bleche zur Anwendung gelangt sind. Die Anwendung vierkantiger Stäbe ist zur Herstellung der Leitung ebensowenig zu empfehlen, wie zu jener der Auffangstangen. (Seite 86). Zweckmässig sind jedoch runde Kupferstäbe, und zwar nicht nur deshalb, weil sie ihres kreisförmigen Querschnittes wegen eine gleichmässige Dichte der Elektricität ermöglichen und dadurch Seitenentladungen erschweren, sondern auch deshalb, weil sie eine bequeme und sichere Verbindung der einzelnen Theile untereinander ermöglichen. Diese Vortheile besitzen allerdings auch runde Eisenstäbe; letztere bieten aber bei der Verlegung der Leitung grössere Schwierigkeiten dar als Kupferstäbe, da sie

ihrer geringen Leitungsfähigkeit wegen stärker genommen werden müssen und sich dann weniger leicht den Formen der Gebäude anschmiegen lassen. Eckige Stangen sind ihrer scharfen Kanten wegen auch mehr dem Rosten ausgesetzt als runde Stangen. Eisendrahtseile leiden an diesem Uebelstande in erhöhtem Masse, erleichtern aber wegen ihrer grösseren Geschmeidigkeit die Verlegung der Leitung. Dem Rosten des Eisens kann man durch Verzinken der Stäbe oder Drähte am besten entgegenwirken. Lackanstriche sind zu wenig haltbar und müssten daher, falls sie ihren Zweck erfüllen sollen, häufig erneuert werden.

Die Drahtseile im Allgemeinen zeichnen sich den massiven Stäben gegenüber nicht nur dadurch aus, dass sie, wie bereits erwähnt, die Verlegung der Leitung erleichtern, sondern auch dadurch, dass bei ihnen die durch Temperaturschwankungen bewirkten Aenderungen der Länge sich innerhalb der Windungen gewissermassen ausgleichen und daher keinerlei Spannungen in der Leitung aufkommen lassen. Solche können hingegen bei nicht ganz sachgemässer Verlegung von Kupfer- oder Eisenstäben eintreten und werden dann durch häufige Wiederholung den Zusammenhang und die Befestigung der Leitung verschlechtern. Ein Nachtheil der Drahtseile besteht ausser in der leichteren Oxydirung noch darin, dass Risse und Sprünge schwerer zu entdecken sind als bei Stableitungen.

Die Bandform erhöht allerdings nicht die gefällige Form der Anlage, erschwert auch im Vergleiche zu der Stabform die Verbindung der einzelnen Theile untereinander und kann ihrer Kanten wegen auch leichter zu Seitenentladungen Veranlassung geben. Hingegen

erleichtert sie die Verlegung und bietet bei demselben Materialaufwande eine grössere Oberfläche dar. Karsten bemerkt diesbezüglich: „Die Bandform halte ich für sehr gut, weil ich auf die bei ihr im Verhältniss zu den massiven Stäben grössere Oberfläche Werth lege." (Vergleiche auch Seite 62 u. f.) Denselben Vortheil, und zwar ohne den erwähnten Nachtheilen, würde eine Rohr form gewähren; die Anlegung solcher Röhrenleitungen scheitert jedoch an dem verhältnissmässig hohen Preise der Röhren und der Verbindung und Verlegung derselben.

4. Die Erdleitung.

Ein Blitzableiter kann nicht nur keine seiner schützenden Wirkungen ausüben, sondern wird eine geradezu gefährliche Einrichtung, wenn die Erdleitung nicht sorgfältig und sachgemäss hergestellt wurde. Der Zweck derselben ist bekanntlich, die auf den Blitzableiter übergeströmte Elektricität der Wolke an die Erde abzugeben, beziehungsweise die Neutralisirung der Wolkenelektricität durch die ungleichnamige Erdelektricität zu vermitteln. Da nicht die Erde selbst, sondern eigentlich die bedeutenden Wassermassen auf und in der Erde diesen Ausgleich zu vermitteln im Stande sind und diese Vermittlung auch thatsächlich vollführen, so muss offenbar die Erdleitung, d. h. das Verbindungsglied zwischen der oberirdischen Leitung und jenen Wassermassen, eben mit letzteren in möglichst gut leitender Verbindung stehen.

Schon Franklin verlangte eine sorgfältige Beachtung dieses Umstandes. Es geht dies namentlich aus einem Gutachten hervor, welches von einer Commission im

Jahre 1772 über die Errichtung von Blitzableitern auf den Pulvermagazinen von Purfleet abgegeben wurde.[1]) Hiernach wurde verlangt, dass am Ende jedes Magazines ein ziemlich tiefer Brunnen in oder durch den Kreidefelsen gegraben werde, um daselbst beständig wenigstens vier Fuss Wassertiefe zu haben, dass man in diesen Brunnen ein Bleirohr versenke und dessen oberes Ende mit dem $1^1/_2$ Zoll dicken Ableiter verbinde.

Seither wurden in Bezug auf Erdleitungen mannigfache gute und schlechte Vorschläge gemacht, deren vollständige Aufzählung hier zu weit führen würde. Hingegen wollen wir **Hemmer's** Ansichten (obwohl schon aus der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts) anführen, da sie vollkommen richtig sind und wir auch heute noch nichts wesentlich Besseres angeben können; sein Princip war: „Es ist nothwendig, dass man den metallenen Ableiter auch mit leitenden Theilen der Erde in Gemeinschaft bringe, damit dadurch ein ununterbrochener Leiter bis in ihr Ingeweid entstehe. Solche leitende Theile der Erde sind das Wasser. In dieses muss also der Ableiter versenkt werden...." Stehen grosse zusammenhängende Wassermassen nicht zur Verfügung, so muss er mit feuchter Erde, nämlich mit einem „Gemisch, worin Wasser mit der Erde in Menge verbunden ist", in möglichst innige Berührung gebracht werden.

Die Versenkung führte Hemmer nach Kuhn[2]) in der Weise aus, dass das Ende des Leiters doppelt gelocht und auf 5 bis 6 Zoll Länge mit einer Bleiröhre

---

[1]) Die Mitglieder dieser Commission waren: Cavendish, Watson, Franklin, Robertson und Wilson.

[2]) Karsten, Encyklopädie der Physik XX, p. 112.

von 1 Zoll Durchmesser aus „gesundem Tafelblei" durch starkes Vernieten verbunden wurde. In feuchter Erde, nämlich an Stellen, wo kein „Wasser" sich vorfand, geschah die Versenkung dadurch, dass in einer Entfernung einiger Fuss von dem Gebäude ein Loch von mindestens 11 bis 12 Fuss Tiefe gegraben und in dieses die Bleiröhre von gleicher Länge, nachdem man ihr vorragendes, mit dem Leiter verbundenes Ende in eine in der Erde gemachte Rinne vom Gebäude weg bis zur Versenkung eingelegt hatte, gesteckt wurde. Bei der Versenkung in „Wasser" war die Anordnung des unteren Theiles des Leiters im Allgemeinen dieselbe, die Länge desselben richtete sich aber nach dem niedrigsten Wasserstande und hier wurde zur Vorsicht die Bleiröhre durch einen unten zugespitzten Kupferstab metallisch verlängert und dieser Kupferstab in den Boden des Brunnens oder Wasserbettes u. s. w. einige Fuss tief eingeschlagen; jedoch hielt Hemmer das Einsenken des Ableiters in Gruben, wo das Regenwasser sich ansammelt, und in andere ähnliche Rinnen und Canäle für untauglich; das Einsenken des Leiters in trockene Erde auf einige Fuss Tiefe und gleichzeitiges Verzweigen der Leitung an ihrem unteren Ende, eine Methode, die man damals für ausreichend hielt, bezeichnete er als höchst gefährlich.

Sehen wir von der Anwendung des Bleies, durch dessen geringes elektrisches Leitungsvermögen der Uebergangswiderstand von der Leitung zu der Erde unnöthig vermehrt wird, ab, so können wir Hemmer's Vorschriften unsere Billigung kaum versagen. Leider wurden auch von anderen Seiten Vorschriften gegeben, die aber, wie namentlich die oberflächliche, offene Füh-

rung der Erdleitung nach Reimarus entschieden zu verwerfen sind. Diesen ist es zu verdanken, dass man selbst noch gegenwärtig sogenannte Blitzableiter findet, deren Leitung in trockener Erde in geringer Entfernung von der Erdoberfläche endet und dadurch einen Apparat schafft, der, weit entfernt das Gebäude zu schützen, vielmehr eine bedeutende Gefahr für dasselbe und seine Umgebung darstellt.

Strenge und sachgemässe Forderungen stellte jedoch die **französische Commission** von 1855 für die Herstellung von Erdleitungen auf. Hiernach wird für letztere ein Brunnen von solcher Tiefe verlangt, dass das Grundwasser auch bei der grössten Trockenheit noch 1 Meter hoch steht. In diesen ist ein gusseisernes Rohr von 12 bis 15 Centimeter Durchmesser im Lichten einzusenken, welches mit seitlichen Oeffnungen versehen ist, um dem Wasser das Eindringen zu gestatten; das Rohr reicht bis an die Erdoberfläche empor und wird durch ein eisernes Querstück mit der Leitung verbunden, welche innerhalb des Rohres bis auf den Grund des Brunnens reicht. Den Verschluss des Brunnens bildet eine Steinplatte. Man hat bei der Herstellung dieser Erdleitung dafür Sorge zu tragen, dass ein Untersuchen derselben von Zeit zu Zeit ohne Schwierigkeiten ausführbar erscheint. Soll ein Brunnen für mehrere Leitungen verwendet werden, so werden die Enden sämmtlicher Leitungen mit einer 10 bis 12 Centimeter starken Eisenstange verlöthet, worauf man diese in das Wasser einführt.

Schon vorhandene Brunnen können Verwendung finden, wenn sie nicht innerhalb des zu schützenden Gebäudes liegen. Auch wird auf folgendes Verhalten

aufmerksam gemacht. Ist das Grundwasser tief unterhalb des Erdbodens erst anzutreffen, so wird sich bei trockener Witterung der influenzirende Einfluss der Gewitterwolken allerdings auf die unterirdischen Wassermassen concentriren; tritt nun aber Regen ein, so entsteht an der Erdoberfläche, bis zu geringer Tiefe, eine leitende Schichte und diese wird nun, weil näher, offenbar eine stärkere Influenzwirkung als die Grundwassermasse erfahren. Ist Grundwasser erst in bedeutender Tiefe anzutreffen, so kann es leicht geschehen, dass zwischen der an der Erdoberfläche entstehenden leitenden Schichte und jener, in welcher das Grundwasser auftritt, eine Zeitlang keine leitende Verbindung besteht.

Ist nun die Erdleitung eines Blitzableiters zwar sorgfältig ausgeführt, aber hierbei nur auf die Verbindung mit dem Grundwasser Rücksicht genommen, so kann es leicht geschehen, dass der durch den Blitzableiter aufgefangene Blitzstrahl die stark influenzirte, also entgegengesetzt elektrische nasse Erdoberfläche der nur schwach elektrischen Grundwasserschichte vorzieht, d. h. dass er vom Blitzableiter auf die Erdoberfläche abspringt. Um dieser Gefahr vorzubeugen, empfiehlt die Commission, die Erdleitung in zwei Zweigen auszuführen, von welchen einer in der früher angegebenen Weise bis zum Grundwasser geführt wird, der andere aber unter der Oberfläche des Bodens verläuft und nur mit dieser in Verbindung gesetzt wird.

Kuhn[1]) will zu Erdleitungen nur eiserne, an verschiedenen Stellen ihrer Seitenfläche mit Oeffnungen versehene Röhren, die von innen und von aussen gut

---

[1]) G. Karsten, Encyklopädie der Physik, XX, p. 124. u. f.

verzinkt worden sind, verwendet wissen; die Wandstärke dieser Röhren soll mindestens der halben Dicke der oberirdischen Leitung gleichkommen. Die Röhren sollen mit möglichst wenig Biegungen verlegt und in ihrer ganzen Länge mit Verzweigungen versehen werden.

Besondere Sorgfalt erfordert die Einrichtung der Erdleitung auf Felsengrund, wenngleich durch derartige Verhältnisse das Eintreten von Blitzschlägen nicht begünstigt wird. Nach Kuhn hat man in diesem Falle an den niedersten Stellen der Umgebung einige Punkte auszuwählen, die in möglichst grosser Entfernung von dem Gebäude sich befinden und geeignet sind, einige Brunnenschachte, wenn auch von geringerer Weite, ausbohren zu können. Die Leitung soll dann, mehrfach sich an verschiedenen Stellen verzweigend, unter der Erdoberfläche, wenn dies angeht, bis zu den Brunnen geführt werden. Jedenfalls erscheint es als nothwendig, wenn das Gebäude dauernd gegen Blitzwirkung geschützt werden soll, dass man in einer grösseren Ausdehnung auf der ganzen Strecke, welche die Leitung im Boden einnimmt, die Oberfläche mit einer dicken Schichte von Erdmassen bedeckt, die bei eintretenden Regengüssen die leitende Verbindung mit dem natürlichen Erdreich der näheren Umgebung u. s. w. herzustellen vermag.

W. Holtz[1]) verlangt, dass die Erdleitung aus demselben Materiale hergestellt werde wie die oberirdische Leitung, nach seinem Vorschlage also aus Kupfer. Das Ende der Erdleitung bildet eine Kupferplatte von 2 Milli-

---

[1]) W. Holtz, Ueber die Theorie, die Anlage und die Prüfung der Blitzableiter, p. 65 u. f.

meter Dicke. Obwohl letztere auf die Wirksamkeit keinen Einfluss nimmt, darf sie doch nicht zu schwach gewählt werden, weil die Platte sonst zu rasch zerstört würde. Als geeignetste Form wird sie gerade für alle jene Fälle empfohlen, in welchen man das Grundwasser mit dem Spaten erreichen kann. Gelangt man zu jenem nur noch durch Bohrung, so tritt an Stelle der geraden Platte eine cylindrische Fläche. Die Platte ist ihrer ganzen Breite nach, und zwar nicht an der Kante, sondern in der Mitte mit dem Leitungsende zu vernieten und überdies noch an einigen Stellen zu verlöthen. Die Löthstellen, aber nur diese, können einen schützenden Ueberzug erhalten, während die Platte selbst ihre metallische Oberfläche behalten muss.

Bezüglich der Grösse der Platten werden folgende Dimensionen vorgeschlagen: Die Platte einer jeden Leitung, welche mit keiner anderen Leitung communicirt, sei $^1/_2$ Quadratmeter gross, wenn sie in Grundwasser gegraben ist, $^1/_4$ Quadratmeter in einem Brunnen oder anderen Gewässer. Eine Platte, welche mit einer anderen Leitung in Verbindung steht, sei $^1/_4$ Quadratmeter gross, wenn sie in Grundwasser gegraben ist, $^1/_8$ Quadratmeter in sonstigen Gewässern. Für Platten, die mit mehreren Leitungen in Verbindung stehen, findet man die erforderliche Grösse, wenn man $^1/_2$ Quadratmeter durch die Zahl jener Leitungen dividirt; dies giebt die Plattengrösse bei Einsenkung der Platte in Grundwasser, während bei anderen Gewässern hiervon die Hälfte zu nehmen ist. An Orten, wo das Grundwasser nicht mehr zu erreichen ist, sei jede Platte doppelt so gross, als sie im Grundwasser sein müsste, also 1 Quadratmeter, getheilt durch die Zahl der mit-

einander verbundenen Leitungen. Gar keiner Platte bedarf es, wenn man die Leitung mit einer Gas- oder Wasserleitungsröhre verbinden kann (vergleiche Schluss dieses Abschnittes) oder mit einer metallischen Pumpe, deren im Wasser befindliche Oberfläche gleich der sonst nöthigen Grösse der Platte ist.

Auch G. **Karsten**[1]) schlägt als Endigung der Erdleitungen Platten vor und empfiehlt verzinnte Kupfer- oder Eisenplatten. Wo dauernde Wassermassen in der Erde nicht zu erreichen sind, muss die Endigung der Bodenleitung auf einer künstlichen grossen leitenden Fläche, am besten Coaksbettung, ausgebreitet werden; in diesem Falle empfiehlt es sich, mehrere Erdplatten und von etwa dreimal grösserer Gesammtfläche anzuwenden. Bei sehr ausgedehnten Gebäuden mit vielen Auffangstangen und vielleicht auch mit erheblichen Nebenleitungen kann die Anlage mehrerer Bodenleitungen und die Verbindung derselben untereinander zweckmässig sein. So richtig es ist, Gas- und Wasserleitungen in die Ableitung einzuschalten, um die Elektricität nicht zum Ueberspringen aus der Blitzableitung in jene Leitung zu veranlassen, so wenig kann die Benützung derselben an Stelle der Bodenleitung empfohlen werden.

Callaud[2]) benützt an Stelle der Erdplatten eine Vorrichtung, die er für den Abschluss der Erdleitung für besonders geeignet hält. An das Ende der Leitung wird eine Art Anker aus galvanisirtem Eisen, etwa in der Form, wie ihn Fig. 25 darstellt, verfertigt. Derselbe besitzt vier verticale, nach aufwärts gerichtete Arme

[1]) G. Karsten, Gemeinfassliche Bemerkungen über die Elekricität des Gewitters und die Wirkung der Blitzableiter, p. 43.

[2]) A. Callaud, Traité des paratonnerres, p. 122.

und vier nach abwärts gehende Spitzen. Die ganze gut galvanisirte Vorrichtung wird in einen Korb aus grobem Flechtwerk eingesetzt (Fig. 26). Noch besser ist es, das Flechtwerk durch Eisendrahtnetze zu ersetzen. Den zwischen dem Anker und dem Korbe bleibende Raum füllt man mit Coaksstücken aus, die, um grössere Zwischenräume zu vermeiden, fest hineingedrückt werden. Der Korb wird sodann durch einen auf den

Fig. 25.



Fig. 26.



Rändern gut aufsitzenden Deckel verschlossen und in feuchte Erde oder Wasser versenkt. Der Zweck dieser Anordnung ist, durch Anwendung des porösen und gut leitenden Materiales (Coaks) eine möglichst grosse Berührungsfläche zwischen Wasser und dem Ende der Leitung herzustellen.

Auch die Gutachten, welche von der preussischen Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1876 bis 1880 abgegeben wurden, beschäftigen sich mit der Frage

der Erdleitungen. Es wird hierin namentlich darauf aufmerksam gemacht, dass die Wirkungsfähigkeit einer Erdleitung durch Theilung der Platte und speciell durch Anwendung von Metallnetzwerk ohne Erhöhung des Materialaufwandes wesentlich erhöht werden könne. Dies veranlasste **Ulbricht**[1]) zu einer mathematischen Untersuchung der Frage, wodurch er die Auffindung einer praktisch verwerthbaren Form der Erdleitung erreichte. Als Material für die Endigung der Erdleitung empfiehlt Ulbricht das Kupfer, weil bei den verhältnissmässig leichten Constructionen das Eisen zu rasch zerstört wird, massigereConstructionen hingegen die Formgebung und Bearbeitung erschweren würden.

Ulbricht gelangte auf Grund seiner mathematischen Untersuchungen zu folgenden Resultaten. Die Wirkung der Erdleitung lässt sich bei geringerem Materialaufwande steigern: 1. Durch stab- oder drahtförmige Ausdehnung der cylinderförmigen Elektrode (der Endigung der Erdleitung); 2. durch schmale bandförmige Ausbildung der Platte; 3. durch Ausdehnung und gleichzeitige Verschmälerung einer ringförmigen Platte, und endlich 4. durch fortgesetzte Theilung der Platte unter gleichzeitiger Verbindung der einzelnen Theile untereinander, d. h. durch Anwendung der Netzform.

Zur Herstellung des Netzes dient ein Kupferdraht von 2·5 Millimeter Durchmesser, von welchem dieselbe Dauerhaftigkeit zu erwarten ist wie von einer 2 Millimeter dicken Kupferplatte. Eine Maschenweite von 40 Millimeter bei einer Breite des Netzbandes von

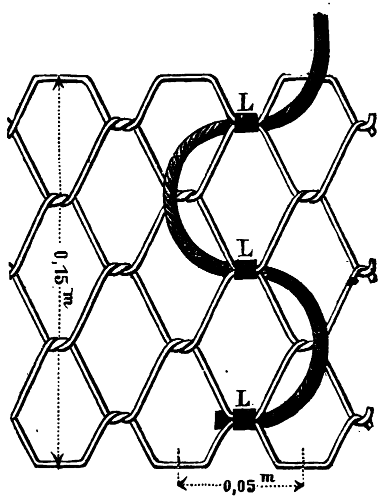
---

[1]) R. Ulbricht, Ueber die zweckmässige Anordnung von Erdleitungen. Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, IV, p. 18.

160 Millimeter erwies sich mit Hinblick auf die Steifigkeit der Construction und überhaupt der praktischen Verwendung als zweckmässigste Dimension. Dieses Netzband wird mit dem Leitungsende an mehreren Stellen *L* (Fig. 27) durch Drahtbund und Löthung verbunden.

In welcher Art ein derartiges Netzband zu versenken ist, hängt natürlich von localen Verhältnissen ab. Wo keine oder nur unbedeutende Erdarbeiten erforderlich sind, bedient man sich ausgedehnter grossflächiger Formen, also z. B. der Platten- oder Bandform. Zeigt der Boden eine derartige Beschaffenheit, dass für die Versenkung der Erdleitung nur durch Bohrung gesorgt werden kann, so muss man zur Verwendung eines langen schmalen Cylinders seine Zuflucht nehmen, dabei aber Sorge tragen, dass dieser vollständig vom Grundwasser umspült wird, da bei Nichtbeachtung dieser Forderung eine sichere und ausreichende leitende Verbindung mit der feuchten Erde nicht zu erreichen ist.

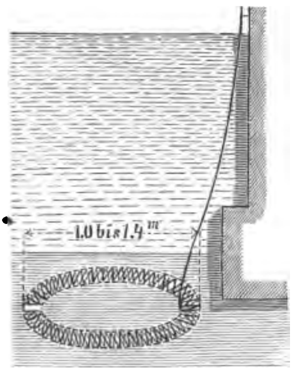
Fig. 27.



Fordern die Bodenverhältnisse ein Eindringen in nur mässige Tiefen, in durchfeuchteten Boden, so giebt man einem flachliegenden Körper den Vorzug. An Stelle der massiven oder ringförmigen Platte tritt hier vor-

theilhaft ein aus Netzwerk gebildeter Ring, der Netzring, wie einen solchen Fig. 28 veranschaulicht. Ein aus Kupferdraht geflochtenes Netzband lässt sich in beliebigen Längen vorräthig herstellen und nach den localen Verhältnissen leicht in die Form eines weiteren oder engeren Flachringes bringen. Auch ein für einen bestimmten Ringdurchmesser bereits zugeschnittenes Band kann noch durch Strecken- oder Offenlassen eines Ringstückes in erweiterter Form verlegt werden, wodurch eine derselben entsprechende Widerstands-Verminderung zu erreichen ist. Dies ist als ein Vortheil des Netzringes zu betrachten, da es leicht vorkommen kann, dass der Boden eine geringere Leitungsfähigkeit zeigt, als erwartet wurde, dass daher die Vergrösserung der Elektrodenfläche nothwendig erscheint. Ulbricht liess sich einen Netzring von 1·42 Meter äusserem und 1·10 Meter innerem Durchmesser anfertigen und führte mit diesem und einer vollen Quadratplatte von 1 Meter Seitenlänge vergleichende Versuche durch; hierbei ergab sich bei einer Eintauchung beider Elektroden in die Elbe für die Quadratplatte ein Uebergangswiderstand von 35·5 S. E. und für den Netzring ein solcher von 32·5 S. E. Auch spätere Versuche mit in die Erde verlegten Platten und Netzbändern ergaben günstige Resultate. Den ökonomischen Vortheil, der durch die Anwendung von Drahtnetz erzielt wird, er-

Fig. 28.



sieht man aus der Vergleichung einer Quadratplatte mit einem ihr äquivalenten Netzringe der vorbeschriebenen Construction; letztere muss bei Vergleichung mit einer Quadratplatte von 1 Meter Seitenlänge einen äusseren Durchmesser von 1·26 Meter und eine Netzbandlänge von 3·45 Meter haben. So ergiebt sich dann folgendes Gewichtsverhältniss:

Die Quadratplatte, 1 Millimeter stark, wiegt	8·9	Kgr.
" " 2 " " "	17·8	"
der Netzring wiegt	1·64	"

Hierzu mag noch bemerkt werden, dass Ulbricht den Preis für 1 Kgr. Netzband auf etwa 3·5 Mark veranschlagt.

Fassen wir sämmtliche Arbeiten, Vorschläge u. dgl., welche in Bezug auf Erdleitungen gemacht wurden, zusammen, so ergiebt sich, dass allgemein giltige, erschöpfende Vorschriften zur Herstellung derselben nicht gegeben werden können. Es hat vielmehr bei jeder Anlage einer Erdleitung eine sorgfältige und fachmännische Prüfung nicht nur des durch einen Blitzableiter zu schützenden Objectes, sondern auch dessen Umgebung stattzufinden. Erst die genaue Kenntniss der Bodenverhältnisse ermöglicht eine zweckmässige Construction der Erdleitung. Eine solche setzen auch die meisten Vorschläge voraus, wie z. B. aus jenen von Holtz (Seite 114), Karsten (Seite 116) u. A. zu ersehen ist. Bezüglich des Materiales ist man allerdings insoweit einig, dass ausschliesslich galvanisirtes Eisen oder Kupfer zur Anwendung empfohlen wird. Die Grösse der Erdplatten wird aber sehr verschieden bemessen. Uns erscheint hingegen, natürlich innerhalb gewisser Grenzen, die Lage derselben wichtiger. Eine grosse Platte in trockener Erde leistet nichts, während eine kleine Platte,

welche mit Wasser, das mit den unbegrenzten Wassermassen der Erde in ausreichender Verbindung steht, ihren Zweck erfüllen wird. Erst wenn sich der Erreichung solcher Wassermassen unüberwindliche Schwierigkeiten in den Weg stellen, gewinnt die Grösse der Uebergangsfläche an der Erdleitung, die Ausbreitung und Verzweigung derselben erhöhte Bedeutung. Die Verwendung ausgedehnter Gas- und Wasserleitungsröhren allein als Erdleitung kann nicht unbedingt empfohlen werden, da Fälle vorgekommen sind, in welchen solche Leitungen auf grosse Strecken hin durch einen Blitzschlag beschädigt wurden. (Basel, 9. Juli 1849; München, Frauenkirche, März 1861.) Es traten diese Beschädigungen an jenen Stellen auf, an welchen die einzelnen Röhren an ihren Verbindungsstellen mit Pech gedichtet waren. Um Missverständnisse zu vermeiden, mag jedoch schon an dieser Stelle darauf aufmerksam gemacht werden, dass andererseits der Anschluss der Gas- und Wasserleitungen an die Blitzableitungen nicht unterlassen werden darf. Schliesslich möge noch bemerkt werden, dass bei Anlage jeder Erdleitung eine genaue Skizze derselben anzufertigen ist, welche gestattet, die Erdleitung jederzeit auffinden und prüfen zu können. Es ist dies um so nothwendiger, als dieser Theil des Blitzableiters der Zerstörung besonders ausgesetzt ist.

5. Aufstellung und Verbindung der einzelnen Theile.

Ueber die einzelnen Bestandtheile eines Blitzableiters hinlänglich unterrichtet, wenden wir uns nunmehr der Aufstellung, Verbindung und Vertheilung derselben auf dem zu schützenden Objecte zu.

Der für die **Aufstellung der Fangstange** (wir ziehen vorläufig die Errichtung nur eines Blitzableiters in Betracht) geeignetste Platz ist naturgemäss der höchste Punkt des zu schützenden Objectes, also z. B. die First eines Gebäudes, weil hierdurch die Spitze der Gewitterwolke so nahe, als unter den gegebenen Umständen möglich ist, gebracht wird. **Die Befestigungsart der Fangstange** hängt von der Höhe derselben und von der Construction des Dachstuhles ab. Gewöhnlich erfolgt die Befestigung unterhalb der First, wobei man jedoch trachten muss, die Stange so wenig als möglich in das Innere des Gebäudes hineinragen zu lassen. Die Beachtung dieses Umstandes erscheint um so wichtiger, als gegenwärtig die Anwendung von Eisenconstructionen und überhaupt Metalltheilen bei Aufführung von Gebäuden immer häufiger wird. Nimmt man hierauf keine Rücksicht, so kann leicht ein Abspringen des Blitzes von der Leitung stattfinden.

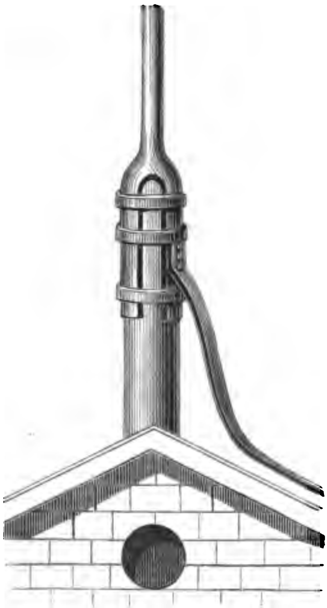
W. Holtz[1]) schlägt zur Vermeidung dieses Uebelstandes vor, die Fangstange überhaupt nicht direct, sondern unter Vermittlung einer Holzsäule auf dem Dachstuhle zu befestigen, was auch noch den Vortheil mit sich bringt, dass selbst bei sehr hohen Fangstangen keine seitlichen Stützen zur Sicherung der Stabilität der Stange erforderlich werden. Diese Aufstellungsart der Fangstange ist speciell dann zu empfehlen, wenn Gas- oder Wasserleitungen hoch in das Gebäude hinaufführen oder überhaupt erhebliche Metallmassen weit hinaufreichen, ferner bei niedrigen Gebäuden und namentlich solchen mit flacher Bedachung, weil bei diesen das Ende

---

[1]) W. Holtz, l. c. 33.

der Fangstange der Erde verhältnissmässig nahe liegt, bei Strohbedachung falls das Stroh bis zur First hinauf durch Drähte gehalten wird und endlich bei Gebäuden, deren Bedachung man von Metalltheilen frei halten will, wie dies z. B. bei Pulvermagazinen der Fall ist.

Fig. 29.

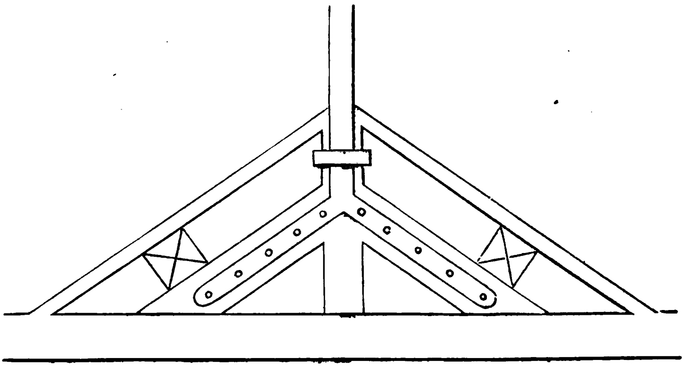


Die Holzsäule kann beliebig tief in das Gebäude hineinreichen und die First 1 bis 2 Meter überragen. Ihre Befestigung erfolgt an den Kehlbalken. Je nach der Höhe der Fangstange und der Säule giebt man letzterer eine Stärke von 10 bis 15 Centimeter. Die Verbindung der Holzsäule mit der Fangstange wird dadurch bewirkt, dass man an das untere Ende der Fangstange eine aus starkem Eisenbleche geschmiedete Kappe anschweisst, die Fangstange mit der Kappe auf das zugehauene Ende der Holzsäule aufsetzt und mit Nägel, die in horizontaler Richtung durch die Kappe in die Holzsäule getrieben werden, befestigt.

Sollte es aus irgend einem Grunde wünschenswerth erscheinen, so kann auch von der Zusammenschweissung der Kappe mit der Fangstange Abstand genommen und erstere mit letzterer durch Verschraubung verbunden werden.

Eine zweckmässige Verbindung der Fangstange mit einer Holzsäule veranschaulicht auch Fig. 29. An das untere Ende der Fangstange sind parallel zu einander verlaufende Stützen angeschweisst, die durch aufgeschweisste Ringe stark in das Holz hineingepresst werden. Diese gabelförmigen Stützen können allerdings auch durch Verschraubung auf der Holzsäule befestigt werden, doch ist die erstangegebene Verbindungsweise vorzuziehen.

Fig. 30.

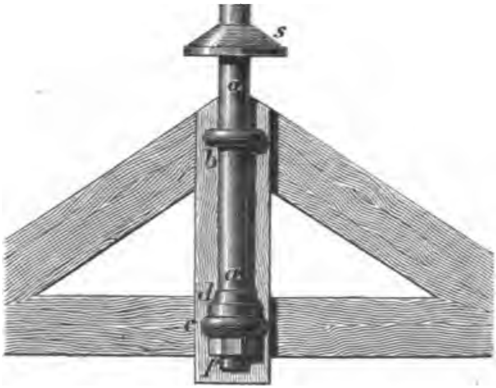


Dieselbe Befestigungsart ist auch bei Aufstellung von Blitzableitern auf Masten, Helmstangen u. dgl. zu empfehlen.

Sonst häufig beliebte Befestigungsarten der Fangstange sind in den Figuren 30, 31, 32 und 33 abgebildet. In Fig. 30 sind an das untere Ende der Fangstange zwei Eisenschienen angeschweisst oder durch Verschraubung befestigt, durch welche die Verbindung mit dem betreffenden Gebinde des Dachstuhles bewirkt wird. Diese Befestigungsweise zeichnet sich allerdings durch Einfachheit aus, ist aber selbstverständlich nur für kurze Fangstangen verwendbar.

Bereits von Gay-Lussac[1]) vorgeschlagene Befestigungsarten stellen die Figuren 31 und 32 dar. Die Fangstange wird mit ihrem Fusse *a a*, Fig. 31, durch eine entsprechende Oeffnung der First geschoben und durch die beiden Bundringe *b* und *c*, welche am Dachgesparre befestigt sind, in ihrer senkrechten Lage erhalten. Um ein Nachsinken der Stange zu vermeiden, ist diese bei *d* durch einen Wulst verstärkt, der auf dem unteren

Fig. 31.



Ringe aufruht. Das Ende der Stange durchsetzt diesen und trägt ein Schraubengewinde mit zugehöriger Schraubenmutter *f*; durch Anziehen derselben wird auch eine Verschiebung der Stange in verticaler Richtung unmöglich gemacht.

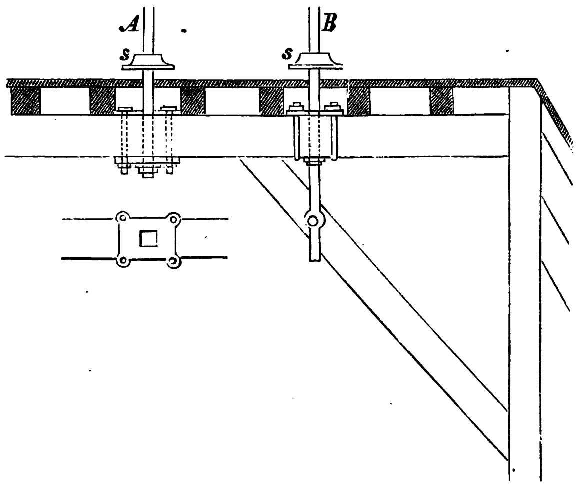
Auch die in Fig. 32 bei *A* und *B* dargestellte Befestigung kann unter Umständen zweckmässig erscheinen.

---

[1]) Instruction sur les paratonnerres. Annales de Chimie et Physique 1823.

In den Firstbalken wird ein quadratisches Loch gemacht, dessen Weite der Dicke der Fangstange entspricht. Mit ebensolchen Oeffnungen versieht man zwei Eisenplatten von je zwei Centimeter Dicke, deren eine oberhalb und deren andere unterhalb des Firstbalkens in nachstehender Art befestigt wird. Man steckt den Stangenfuss durch die Oeffnungen des Balkens und der Platten und vier Schraubenbolzen durch entsprechende Flanschen

Fig. 32.

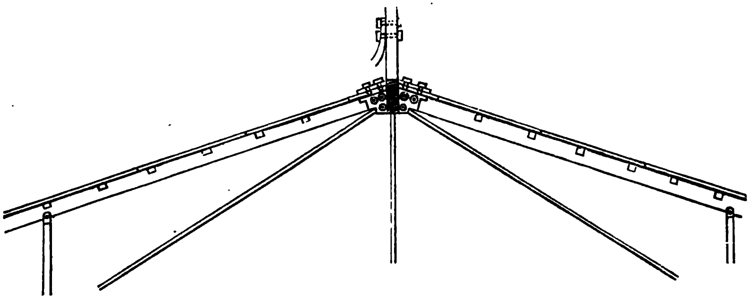


der Eisenplatten (vergleiche die Draufsicht). Zieht man hierauf die zu den Bolzen gehörigen Muttern fest an, so wird der Balken zusammengepresst und die Stange in ihrer verticalen Lage erhalten. Das Gleiten derselben verhindert ein oberhalb der oberen Eisenplatte angebrachter Wulst und die unterhalb der unteren Eisenplatte auf das Ende der Fangstange aufgeschraubte Schraubenmutter.

An Stelle der vier Schraubenbolzen können auch zwei bolzenförmige Bügel verwendet werden (Fig. 32 *B*). Erlaubt es die Dachconstruction, die Fangstange auch noch an einer tiefer gelegenen Stelle zu befestigen, so versieht man das Stangenende mit zwei Backen, welche die Balken oben und seitlich umfassen und durch Schraubenbolzen an diesen befestigt werden.

Bei eisernen Dachconstructionen hält es Kuhn (l. c.) für zweckmässig, die Auffangstange an ihrem untersten Ende mit einem Schraubengewinde und ober-

Fig. 33.



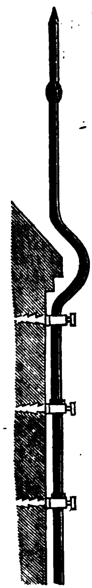
halb des letzteren mit Ansätzen zu versehen, die beim Einschrauben der Stange die Dachfläche berühren und mit dieser durch Bolzen fest verbunden werden, wie dies in Fig. 33 angedeutet ist. In einzelnen Fällen ist es auch bei Holzconstructionen zulässig, die Stange, wenn sie kurz ist, in die Pfette einzuschrauben.

Zuweilen ist man genöthigt, die Fangstange auf Mauerwerk zu befestigen, wie dies namentlich dann der Fall ist, wenn hohe Schornsteine die First überragen oder bei hohen Fabriksschornsteinen und dergleichen. In diesem Falle kann die Befestigung in der

durch Fig. 34 angedeuteten Weise erfolgen. Hierbei wird die Stange durch starke eiserne Bolzen gehalten, die man in den Schornstein vermauert.

Schliesslich möge noch auf einen Umstand aufmerksam gemacht werden, der stets zu beachten ist, wenn die Auffangstange die Bedachung durchdringt. Die Durchbrechungsstelle muss sorgfältig verdeckt werden, damit das Eindringen von Regenwasser unmöglich wird. Dies ist auch der Zweck der kleinen Schirme *s*, welche am unteren Ende der Auffangstangen in den Figuren 31 und 32 zu sehen sind. Derselbe Zweck wird auch dadurch erreicht, dass man das untere Ende der Fangstange mit einem Sattel aus Kupfer- oder Bleiblech umschliesst, der mit der Bedachung wasserdicht verbunden wird. Endlich kann der Schutz gegen das Eindringen von Regenwasser auch noch (wie bereits auf Seite 87 erwähnt wurde) durch Anwendung von Blechmäntel erreicht werden, wie mit solchen versehene Fangstangen z. B. in den Figuren 18 und 19 abgebildet sind.

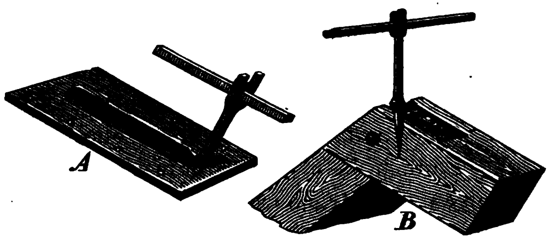
Fig. 34.



Wenden wir uns nunmehr der **Befestigung und Führung der Leitung** zu. Zur Befestigung auf dem Dache verwendet man gabelförmig gestaltete Träger aus Eisen, wie solche die Fig. 35 darstellt. Man giebt ihnen je nach dem Gewichte der Leitung eine Stärke von $1^1/_2$ bis 2 Centimeter bei einer Länge von 15 bis 20 Centimeter. Zur Befestigung in den Dachsparren dient das zugespitzte oder auch mit einer Holzschraube versehene Ende. Die

Leitung wird in die Gabel eingelegt und durch einen quer durchgesteckten Stiften in ihrer Lage erhalten. Man schmiedet wohl auch die beiden Zinken der Gabel bandförmig aus und schlägt dann diese Bänder nach dem Einlegen der Leitung um diese. Die Träger können zum Schutze gegen Oxydation verzinkt sein. Empfehlenswerther als die in *B* abgebildete Form der Träger ist die durch *A* dargestellte oder überhaupt eine derartige Form, bei welcher vertical nach abwärts gerichtete grössere Metallspitzen vermieden sind.

Fig. 35.



Zur Befestigung der Leitung an Mauern werden ebensolche oder ähnliche Träger verwendet. Besteht die Leitung aus einem Drahtseile oder besitzt sie einen cylindrischen Querschnitt, so kann der Kopf der eisernen Träger ringförmig gestaltet sein. Kuhn schlägt vor, die Befestigung der Leitung längs einer Mauer durch vorstehende Backsteine, die mit entsprechenden Bohrungen versehen sind, zu bewirken. Es ist jedoch nicht gut einzusehen, welche Vortheile eine solche Befestigung gewähren soll; im Gegentheile dürfte sie weniger sicher und dauerhaft sein, als die vorhin angegebene.

Es ist ebenso unrichtig, die Leitung straff zu spannen und mit ihren Trägern unverrückbar zu ver-

binden, als sie mit freiem Spielraume durch die gabelförmigen Oeffnungen, Ringe u. dgl. zu führen. Im ersteren Falle verhindert man das freie Ausdehnen und Zusammenziehen der Leitung, hervorgerufen durch Temperaturdifferenzen; auch nimmt man ihr die Befähigung, einer etwaigen mechanischen Wirkung eines mächtigen Blitzschlages nachzugeben.[1]) Beide Umstände wirken schädigend auf die Dauerhaftigkeit der Leitung. Im letzteren Falle, wenn also die Leitung durch ihre Träger nur lose gehalten wird, bewegt sie jeder Windstoss. Dies wird nicht nur die Lockerung der Verbindungen befördern, sondern kann auch noch ein Abscheuern der Leitung an verschiedenen Stellen zur Folge haben. Bei hohen Gebäuden würde überdies noch das bedeutende Gewicht der Leitung in Betracht kommen, welches bei loser Befestigung von der Leitung selbst getragen werden müsste. Um dies zu vermeiden, ohne Herstellung einer starren Verbindung, ist es zweckmässig, auf die Leitung in entsprechenden Abständen kurze Röhren oder Muffe aufzuschieben und mit ihr zu verlöthen, so dass die unteren Ränder der letzteren auf die ring- oder gabelförmig gestalteten Köpfe der Träger zu stehen kommen und in dieser Weise die Leitung tragen. Das Abscheuern der Leitung an den Trägern kann durch Auskleidung des Trägerkopfes mit Blei hintangehalten werden, oder auch, aber allerdings auf kostspieligere Weise, durch Einsetzen abgerundeter Porcellanringe in einzelne Trägerösen.

---

[1]) Bekanntlich bewirken elektrische Entladungen, wenn sie noch nicht jene Stärke erreicht haben, dass sie den Leiter zerreissen oder schmelzen können, Verbiegungen und Einknickungen desselben.

Geradezu lächerlich ist hingegen der wiederholt aufgetauchte und auch ausgeführte Vorschlag, die Leitung auf Isolatoren aus Glas, Porzellan, Hartgummi u. s. w. zu führen, in ähnlicher Weise wie Telegraphenleitungen. Es werden zu diesem Behufe in die Ringe oder Gabeln der Träger dem Querschnitte der Leitung entsprechend durchbohrte Scheiben aus dem genannten Materiale mit einer Wandstärke von 1 bis 2 Centimeter eingesetzt. Man will also die Leitung für einen, sagen wir beispielsweise nur 20 Meter langen Blitzstrahl mit denselben Mitteln isoliren, wie für den Strom einer galvanischen Batterie, von welcher wir nicht das kleinste Fünkchen erhalten können! — Holtz, obwohl ein Gegner derartiger Isolirungen, schlägt doch eine Fernhaltung der Leitung vom Gebäude durch hölzerne Stützen vor: „Eine andere Isolirung, als durch einfache Fernhaltung oder hölzerne Stützen hat wenig Bedeutung, da der Blitz genau ebenso leicht an einem Glasstabe entlang läuft, als er eine Holzstütze oder eine gleichgrosse Luftschicht passirt. Schlüge ich andere, sogenannte bessere Isolatoren vor, so würde ich die Eigenthümlichkeit der hier vorliegenden Elektricitätsart ganz verkennen, und glaubte ich, dass ein Porzellanstück von 5 bis 10 Millimeter Dicke irgendwelchen Nutzen hätte, so würde ich vergessen, dass der Blitz Hunderte von Metern überspringt" (l. c. p. 51). Und wozu soll dann eine Holzstütze frommen? Wozu besonders dann, wenn sie vom Regen durchnässt ist? Befindet sich auf oder innerhalb des Gebäudes ein Anziehungspunkt, welcher den Blitzstrahl veranlassen könnte, von der Leitung abzuspringen, so wird ihn eine nasse oder trockene hölzerne Stütze daran ebensowenig verhindern, als eine eiserne

Stütze sein Abspringen befördern wird. Ueberdies dürften hölzerne Stützen weder die Solidität noch die Dauerhaftigkeit der Anlage erhöhen.

Ein straffes Spannen der Leitung ist auch deshalb nicht zulässig, weil dies scharfe Ecken und Biegungen der Leitung zur Folge haben kann. Diese sind aber immer und unbedingt zu vermeiden, da wie wir wissen auch an derlei Ecken und Kanten Spitzenwirkungen auftreten, die dann leicht eine Seitenentladung veranlassen können. Es ist daher auch verwerflich, mit der Leitung genau der Profilirung des Gebäudes zu folgen, da in diesem Falle scharfe Biegungen unvermeidlich sind. Wo Krümmungen der Leitung nicht zu umgehen sind, sollen diese stets in continuirlichen Curven ausgeführt werden, und zwar derart, dass der Krümmungsradius derselben nie kleiner wird als 30 bis 40 Centimeter. An Punkten, in welchen zwei oder mehrere Leitungen zusammenstossen, sind diese so zu führen, dass ihre Richtungen allmählich in einer stetigen Curve ineinander übergehen.

Die Leitung soll auf möglichst kurzem Wege die Verbindung der Fangstange mit der Erde herstellen und dabei so viel als möglich lothrecht verlaufen. Man wird zu ihrer Befestigung jene Seite des Gebäudes wählen, auf welcher dem Blitzstrahle muthmasslieh die stärksten Anziehungspunkte geboten werden. Es ist dies z. B. jene Seite des Hauses, gegen welche im gegebenen Falle die meisten Gewitter anziehen, weil diese Seite dem Anprall des Regens am meisten ausgesetzt ist und dadurch eine gewisse Leitungsfähigkeit enthält. Ein anderer diesbezüglich zu beachtender Umstand ist die Beschaffenheit des Bodens. Hiernach würde die Leitung auf jener Seite

des Gebäudes herabzuführen sein, welcher ein Brunnen, Teich, See, Fluss oder Sumpf naheliegt.

Die Leitung ist nie innerhalb, sondern stets ausserhalb des Gebäudes anzubringen; auch ist es besser, dieselbe offen als verdeckt zu führen, da etwa eintretende Gebrechen im letzteren Falle leichter zu übersehen sind, überhaupt die Controle der Leitung erschwert wird. Monumentale Bauten, die durch eine offen liegende Leitung verunziert würden, müssen allerdings eine verdeckte Leitung erhalten. In diesem Falle muss aber ihre Stärke reichlich bemessen sein und sind die Verbindungen mit besonderer Sorgfalt auszuführen. Sehr dauerhaft liesse sich eine derartige Leitung herstellen, wenn man, wie Kuhn will, schon bei Aufführung des Gebäudes auf die Anlage eines Blitzableiters Rücksicht nehmen würde.

„Wenn man nämlich (sagt Kuhn) die Ziegel der Dachfirste, sowie der Grade bei Walmdächern, und zwar für jene Strecken, über welche die Leitung hinweggeführt werden soll, so formen liesse, dass sie mit einer Rinne versehen sind, welche wieder mit anderen hierzu passenden Ziegeln fest gedeckt werden könnte, und diese canalartige Rinne zur Aufnahme der Leitung bestimmen würde, so würde diese nicht blos gegen atmosphärische Einwirkungen geschützt bleiben, sondern man könnte auch dieselbe in ihrem Lager durch isolirende Substanzen, wie eine Mischung aus Kolophonium und Wachs oder durch Asphalttheer u. s. w. in dieser Rinne befestigen und isoliren. An einzelnen Stellen müsste man an der Leitung Zweigdrähte anbringen, die aus der Rinne durch die Ziegeldecke hervortreten und zur Herstellung von Zweigleitungen dienen können.

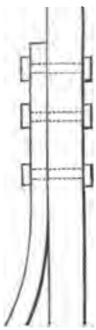
Im Uebrigen müsste die Ziegeldecke gehörig durch Mörtel u. s. w. verkittet und vermauert werden, um der Eindeckung die gehörige Sicherheit zu verschaffen. Für jenen Theil der Leitung, der an der Façade des Gebäudes herabgeführt wird, könnte man einen ähnlichen Canal zur Aufnahme desselben schon bei der Aufführung des Mauerwerkes anlegen, vor dem Verschliessen dieses Canales in ähnlicher Weise, wie vorhin erwähnt, die Leitung einlegen und am Boden hervortreten lassen. Eine Beschädigung oder eintretende Unterbrechung einer in dieser Weise geschützten Leitung wäre wohl niemals zu befürchten: nur ist es nothwendig, dieselbe von einer Dicke zu nehmen, die ihrer Leitungsfähigkeit für die stärksten bis jetzt beobachteten Entladungsströme entspricht."

Kuhn, Buchner u. A. schlagen vor, alle oberirdischen Theile des Blitzableiters, natürlich mit Ausnahme der Spitze, mit einem Lacküberzuge zu versehen, um dadurch das Metall gegen die Einwirkungen der Atmosphäre zu schützen. Wir halten diesen Schutz, bei der in der Regel geringen Haltbarkeit und Dauerhaftigkeit, für eine Massregel von ziemlich zweifelhaftem Werthe. Zum mindesten müsste ein derartiger Anstrich nach jedem Blitzschlage erneuert werden, weil hierbei, wie die Erfahrung gezeigt hat, die Lackschichte von der Leitung abgeschält wird. Hingegen bildet das Verzinken einen empfehlenswerthen Schutz gegen Oxydation.

Die vollkommen sachgemässe Construction der einzelnen Bestandtheile und die richtig gewählte Aufstellung und Befestigung derselben auf dem zu schützenden Objecte allein genügen nicht, um dasselbe zu schützen; die Blitzschutzvorrichtung kann sogar vielmehr schädlich wirken,

wenn ausser der Erfüllung der genannten Bedingungen nicht auch noch der sicheren und gut leitenden **Verbindung der einzelnen Theile untereinander** die grösste Aufmerksamkeit geschenkt wird. Jeder Verbindungsfehler kann die ganze der übrigen Ausführung der Anlage zugewandte Vorsicht nutzlos machen. Von diesen Verbindungen unterscheiden wir dreierlei Arten: Die bereits (Seite 76 u. f.) besprochene Verbindung der Spitze mit der Auffangstange, die Verbindung der Fangstange beziehungsweise Spitze mit der Leitung und die Verbindung der einzelnen Theile der Leitung untereinander.

Fig. 36.

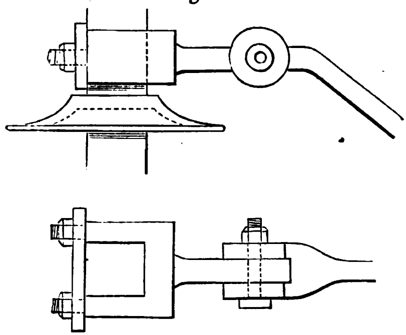


Eine einfache und doch sichere **Verbindungsweise der Fangstange mit der Leitung** stellt Fig. 36 dar; als Leitungsmaterial ist hierbei Stabeisen angenommen. Die horizontalen Schrauben, welche das Ende der Leitung und die Auffangstange in ihrem unteren Theile horizontal durchsetzen, dürfen nicht einfach durchgesteckt, sondern müssen durch Stange und Leitung geschraubt sein. Ueberdies ist ihre Stellung noch durch aufgeschraubte Gegenmuttern zu sichern.

Zur Vermittlung und Erhaltung eines sicheren metallischen Contactes zwischen Stange und Leitung legte man früher zwischen die vollkommen blank gescheuerten Berührungsflächen eine ebensolche Bleiplatte ein, welche durch kräftiges Anziehen der Schrauben an den Rändern der zu verbindenden Theile gewissermassen zum Herausquellen gebracht wurde. Ein vollkommen metallischer Contact war hierdurch allerdings gesichert, aber dies ist nicht ausreichend. Eine derartige

Verbindung ist nur dann zweckentsprechend hergestellt, wenn die Verbindungsstelle mindestens keinen grösseren Leitungswiderstand besitzt als die Leitung. Da aber Blei unter den Metallen ein sehr schlechter Leiter ist, wird durch Einschaltung einer Bleiplatte dieser Bedingung nicht entsprochen. Es sind in der That Fälle bekannt geworden, in welchen der Blitzstrahl alle Bleiplatten an derartigen Verbindungsstellen geschmolzen hat. Die Verwendung des Bleies in dieser Weise ist also unzulässig. Wohl aber kann an Stelle der Blei-

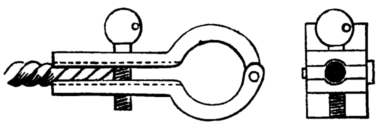
Fig. 37.



platte eine Zinkplatte Verwendung finden, oder besser noch, man sorgt an den zu verbindenden Stellen für eine starke Verzinkung, was keinerlei Schwierigkeiten darbietet. Auch diese Arbeit entfällt, wenn überhaupt verzinktes Eisen zur Anwendung gelangte. In jedem Falle thut man gut daran, sich nicht mit der Verschraubung allein zu begnügen, sondern überdies noch ein Verlöthen vorzunehmen. Die beschriebene Befestigungsweise hat den Nachtheil, dass die Durchbohrungen am Fusse der Fangstange die Festigkeit derselben beeinträchtigen.

Eine andere Befestigungsweise, für Fangstangen von viereckigem Querschnitte, ist in Fig. 37 in Ansicht und Draufsicht abgebildet. Sie wurde hier aufgenommen, trotzdem derartige Fangstangen nicht zu empfehlen sind, weil diese immerhin noch zur Anwendung gelangen. Die Fangstange wird hierbei von einer Gabel umfasst und letztere durch ein vorgesetztes Querstück mit Hilfe zweier Schrauben in ihrer Lage festgehalten. Die Leitung kann direct oder unter Vermittlung einer zweiten Gabel, wie dies die Figur darstellt, verbunden sein. Es ist wohl selbstverständlich, dass die Gabel mit ihrem Querstücke an der Stange genau anliegen muss und nur metallisch blanke Flächen zur Berührung gebracht werden dürfen. Von einer gleichzeitigen Verlöthung sollte man bei dieser Verbindungsweise nicht absehen. Ausser der nicht gerade sehr verlässlichen Herstellung des metallischen Contactes hätten wir hier noch den Umstand zu tadeln, dass sich die Leitung unter einem rechten Winkel statt unter Vermittlung einer stetigen Curve an die Fangstange anschliesst.

Fig. 38.



Eine ähnliche Verbindungsweise für runde Fangstangen zeigt Fig. 38; hier ist als Leitungsmaterial ein Drahtseil gedacht. Die Stange umschliesst ein Halsband, das entweder aus einem Stücke besteht oder (wie es die Figur zeigt) aus zwei durch ein Gelenk miteinander verbundenen Theilen hergestellt ist. Die seitlichen Verlängerungen dieses Halsbandes sind ihrer Länge nach derart ausgehöhlt, dass sie das Drahtseil genau um-

schliessen; dasselbe muss auch bezüglich des Halsbandes und der Fangstange der Fall sein. Zum Festlegen des Halsbandes an der Fangstange und der Leitung in den Ansätzen des Halsbandes dient eine die letzteren quer durchsetzende Schraube. Ist die Leitung ein Drahtseil, so muss das eingeklemmte Ende desselben auf mindestens 20 Centimeter Länge durch Verlöthung seiner Litzen untereinander zu einem metallischen Cylinder umgewandelt sein. Diese Verbindungsweise ist nur dann zu empfehlen, wenn sowohl das Halsband mit der Stange als auch das Drahtseil mit den Ansätzen des Halsbandes gut verlöthet werden. Auch würde es sich empfehlen, die Ansätze so zu biegen, dass Leitung und Fangstange einen spitzen Winkel mit nach oben gerichtetem Scheitel bilden.

Fig. 39.



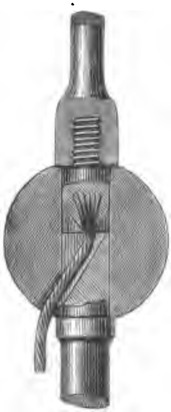
Der letzgenannten Forderung ist durch die in Fig. 39 dargestellte Verbindungsweise entsprochen.[1]) Hier umschliesst die Fangstange eine kupferne Schelle, mit welcher gleichzeitig die Leitung durch Verschraubung und Verlöthung solid verbunden ist. Zum Schutze der Verbindungsstelle ist auch noch ein Schutztrichter aus Zink- oder Kupferblech an der Fangstange befestigt. Diese einfache Verbindungsweise entspricht, sorgfältig ausgeführt, vollkommen dem angestrebten Zwecke.

In neuerer Zeit pflegt man die Leitung häufig nicht an der Fangstange, sondern an der Spitze selbst zu

[1]) Zeitschrift für Elektrotechnik, Wien, II, p. 204.

befestigen. Principiell ist gegen eine solche Anordnung nichts einzuwenden, nur sollte hierdurch die Controlirung der Verbindungsstelle nicht erschwert werden. Bei Anwendung metallischer Fangstangen ist hiermit allerdings auch ein unnützer Materialaufwand verbunden, indem die Fangstange aus der Leitung mehr oder weniger vollkommen ausgeschlossen wird.

Fig. 40.



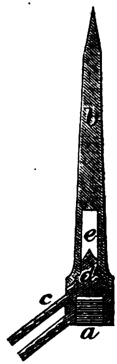
Eine solche Verbindung wurde z. B. von L. Klasen für eine Auffangstange aus Rundeisen und ein Kupferdrahtseil von 10 Millimeter Durchmesser angegeben.[1]) Auf das obere Ende der eisernen Stange (Fig. 40) ist nämlich eine ausgedrehte gusseiserne Kugel aufgeschoben, die unten eine seitliche Oeffnung hat, durch welche das Drahtseil gesteckt ist. An dem Ende des Drahtseiles wird ein kurzer Zapfen aus Kupfer mit Schlagloth angelöthet, der gut in das Loch der Kugel passt und oben einen Ansatz mit Schraubengewinde hat, worauf die kupferne Auffangspitze aufgeschraubt ist. Die gusseiserne Kugel verbindet also die drei Theile miteinander, wobei aber die eiserne Stange nichts weiter mit der Ableitung zu thun hat, sondern nur als Träger der Auffangspitze und des Drahtseiles dient; das letztere ist um die Stange herumgeschlungen und dann entsprechend weitergeführt.

---

[1]) L. Klasen, Die Blitzableiter in ihrer Construction und Anlage, p. 24.

Zwarg in Freiberg[1]) verbindet die Fangspitze mit dem Ableitungsdrahte in der Weise, dass er an dem unteren Theile *a* der Spitze (Fig. 41), der als Schraubenmutter zum Aufschrauben auf die schmiedeeiserne Stange ausgebildet ist, eine seitlich abzweigende Hülse *c* anbringt, in welche der Leitungsdraht eingelöthet wird. Dieser untere Theil *a* ist oben mit einer Schraube *d* versehen, die in eine kleine vergoldete Spitze *e* ausläuft und über welche die eigentliche Fangspitze *b* geschraubt wird. Die kleine Spitze *e* dient nur aushilfsweise als Fangspitze, wenn die eigentliche Spitze *b* behufs Neuvergoldung entfernt werden muss. Die Hülse *c* kann auch aus zwei Theilen gemacht werden, von welchen der eine aus einem Stücke mit dem unteren Theile von *d* besteht, der andere, in welchem der Leitungsdraht eingelöthet ist, hingegen erst durch eine Schraubenmutter mit ersterem verbunden wird. Bei dieser Construction kann der Leitungsdraht mit Hartloth eingelöthet werden, was bei der vorigen Anordnung wegen Beschädigung der Vergoldung der kleinen Hilfsspitze *e* nicht geschehen konnte.

Fig. 41.



Wir begnügen uns mit diesen Beispielen von Verbindungsarten der Leitung mit der Fangspitze, beziehungsweise Fangstange, und weisen nur noch auf die bereits (Seite 76 u. f.) beschriebenen Verbindungen hin, bevor wir zu den **Verbindungen der Leitungsstücke**

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin, II, 244; daselbst sind verschiedene Verbindungsarten beschrieben, die im Deutschen Reiche patentirt wurden.

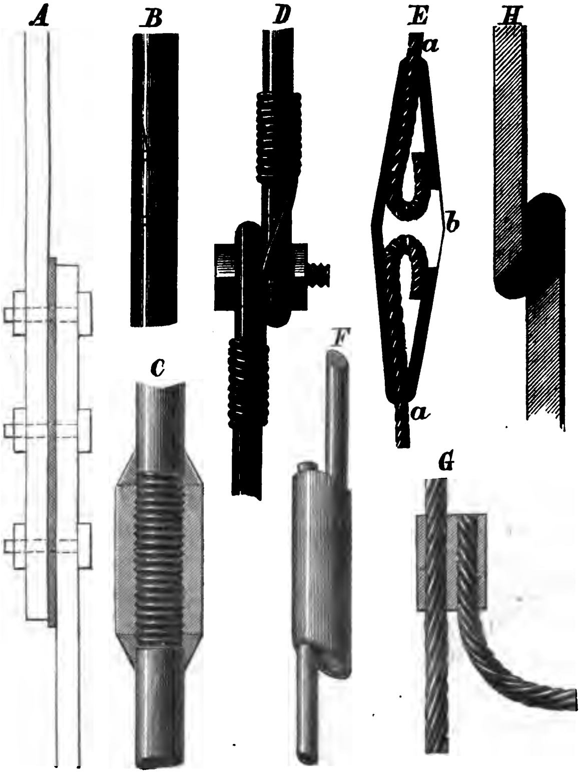
untereinander übergehen. Es ist wohl kaum nothwendig, zu bemerken, dass man trachten muss, die Verbindungsstellen auf eine möglichst geringe Anzahl zu reduciren.

Stangen- oder stabförmige Leitungsstücke können in der Weise miteinander verbunden werden, dass man die Enden der zu verbindenden Theile in einer Länge von etwa 10 Centimeter bandförmig ausschmiedet und die vollkommen blanken oder galvanisirten Flächen miteinander vernietet; ausserdem ist die ganze Verbindungsstelle gut zu verlöthen. Es mag an dieser Stelle bemerkt werden, dass das Verlöthen in allen diesen Fällen nur den Zweck hat, ein mindestens unvermindertes Leitungsvermögen der Leitung an der Verbindungsstelle vollkommen zu sichern, nicht aber die Festigkeit zu erhöhen; es braucht daher kein sehr schwer flüssiges Loth zur Verwendung zu kommen. Ist die anderweitige Verbindung sorgfältig hergestellt, so ist auch ein Schmelzen des Lothes durch einen etwaigen Blitzschlag nicht zu befürchten. Eiserne Theile werden übrigens am sichersten durch Schweissen miteinander verbunden; man wird daher immer diese Verbindungsart wählen, wenn sie überhaupt ausführbar ist.

Die in Fig. 42 *A* dargestellte Verbindungsart, bei welcher die beiden Enden der zu verbindenden Leitungsstücke mit ihren blanken Metallflächen oder wohl auch unter Zwischenlage einer blanken Zinkplatte aufeinandergelegt und durch drei mit Gegenmuttern versehene Schraubenbolzen verbunden werden, ist dann zulässig, wenn man die Bolzen nicht einfach durch entsprechende Bohrungen der Stangen durchsteckt und nur durch die Gegenmuttern festlegt, sondern auch in diese Bohrungen

Gewinde einschneidet, so dass jeder Bolzen in seiner ganzen Länge verschraubt wird. Auch hier hat der Verschraubung ein Verlöthen zu folgen. Genau dasselbe

Fig. 42.



gilt auch von der in Fig. 42 *B* dargestellten Verbindungsweise, die wohl keiner weiteren Erklärung bedarf.

Leitungsdrähte oder Stangen von kreisförmigem Querschnitte kann man auch in der durch Fig. 42 *C*

dargestellten Weise miteinander verbinden. Die Enden beider Theile erhalten Schraubengewinde und werden mit ihren vollkommen blanken Stossflächen durch Ueberschrauben eines hinlänglich starken Muffes fest aneinandergepresst. Besteht die Leitung aus blankem Eisen oder Kupfer, so sind die in der Verbindung zusammenstossenden Theile vor der Verlöthung zu verzinnen. Am besten erfolgt wohl die Verlöthung während der Verschraubung. Für nicht zu starke Drähte kann die Verbindung auch in der Weise erfolgen, dass man die beiden Enden ringförmig zusammenbiegt (Fig. 42 *D*), durch beide Ringe eine Schraube steckt und erstere durch Anziehen einer Schraubenmutter fest aufeinanderpresst. Hierauf stellt man durch Ueberwinden beider Enden mit dünnerem Drahte noch eine Verbindung her, wie dies die Figur zeigt, und sichert sämmtliche Verbindungsstellen durch Verlöthung.

Kernaul in München[1]) bewirkt die Verbindung der Drahtseile bei Blitzableitern durch eine nach beiden Enden *a a*, Fig. 42 *E*, hin konisch auslaufende Hülse aus Kupfer, welche auf der Langseite mit einer länglichen Oeffnung *b* versehen ist. Die Drähte werden an den Enden *a* eingeführt, durch die Oeffnung *b* geschoben, hierauf umgebogen und wieder zurückgezogen, wobei sich dann die so verdickten Enden fest gegen die konischen Wandungen der Hülse pressen. Zur besseren metallischen Verbindung zwischen Drähten und Hülse wird diese letztere dann noch durch die Oeffnung *b* mit Metall ausgegossen.

Kupferdrahtseile kann man auch in der Weise verbinden, dass man über die Enden derselben starke,

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift. Berlin, IV, p. 273.

knapp anpassende Kupferhülsen schiebt und mit den Drahtseilen verlöthet. Da das Loth bedeutend schlechter die Elektricität leitet als das Kupfer, wendet man ersteres zwischen den zu verbindenden Theilen in möglichst dünner Schichte an, was durch ein gutes Anpassen der Kupferhülsen auf die Draht- oder Seilenden erreicht wird. Eben zur Verminderung des Uebergangswiderstandes trägt auch eine entsprechende Dicke der Kupferhülse bei. In dieser Weise ausgeführte Verbindungen sind in Fig. 42 *F* und *G* für die Vereinigung zweier Stücke einer Leitung und für den Anschluss einer Leitung an eine zweite dargestellt.

Für bandförmige Leiter wird hin und wieder die in Fig. 42 *H* dargestellte Verbindungsweise gewählt, d. h. man begnügt sich damit, die beiden Enden ineinander zu falzen. Dass die hiermit erzielte Verbindung eine sehr mangelhafte ist, bedarf erst keiner Erwähnung; sie ist selbst dann nicht sehr zu empfehlen, wenn das Falzen unter gleichzeitigem Verlöthen vorgenommen wird. Eine sichere und ausreichende Verbindung bandförmiger Leiter erreicht man durch Vernieten und Verlöthen beider Enden, etwa in der Weise, wie dies für Stäbe in Fig. 42 *A* dargestellt ist, oder auf ähnliche Art.

Für die Verbindung zweier Drahtseilenden miteinander schlägt Callaud[1]) ein „Verspliessen" vor, wie dies bei Schiffstauen üblich ist und beschreibt das hierbei in Anwendung zu bringende Verfahren in nachstehender Weise.

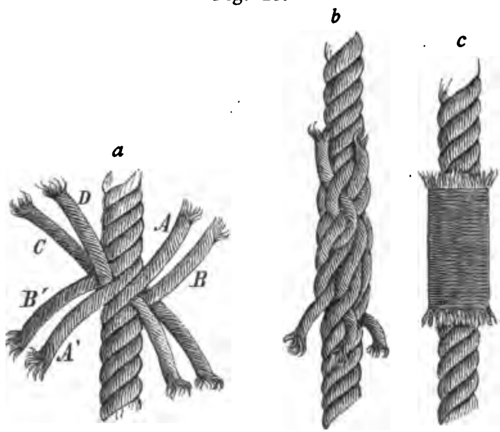
Um eine Verspliessung (oder Verspleissung) zu machen, dreht man die zu vereinigenden Kabelenden

---

[1]) A. Callaud, Traité des paratonnerres, p. 97.

auf eine Länge von beiläufig 10 Centimeter auf. (In Fig. 43 ist ein vierdrähtiges Drahtseil angenommen.) Man nähert die beiden Seilenden mit ihren von einander getrennten Litzen in der Art, dass sich die einzelnen Litzen des einen Endes in die aufeinanderfolgenden Zwischenräume zwischen den Litzen des zweiten Endes der Reihe nach einschieben. Die Drahtseile werden so weit ineinandergeschoben, bis sich die unaufgedrehten Theile berühren (Fig. 43 *a*). Man dreht hierauf das

Fig. 43.



eine Ende oberhalb der Berührungsstelle mit dem zweiten Ende leicht auf, so dass zwischen den einzelnen Litzen kleine Zwischenräume entstehen, in welche man das „Spliesseisen", ein stabförmiges, vorne zugespitztes Werkzeug aus Holz oder Eisen, einführen kann. Mit diesem biegt man die Litze ringförmig auf und steckt dann durch diesen Ring z. B. die Litze *A* unter den noch gedrehten Theil der Litze *B'* und über den noch gedrehten Theil der Litze *A'*. Man zieht dann die

Litze B' fest an, um die Verbindung zu befestigen und dreht das Ganze um einen Viertelkreis. Hierauf steckt man die Litze *B* unter den noch gewundenen Theil der Litze *A'* und über die schon benützte Windung von *A* und verfährt in ähnlicher Weise auch mit den Litzen *C* und *D*. Man wechselt dann die Seiten und wiederholt dasselbe Verfahren zur Verbindung des zweiten Drahtseilendes mit dem ersten: Die Windung *A'* wird z. B. über den noch zusammengedrehten Theil der Litze *A* und unter den entsprechenden Theil von *B* geführt, *B'* über *A'* und unter *A* u. s. w. Die vollendete Verspliessung erhält schliesslich das durch Fig. 43 *b* dargestellte Aussehen. Ist sie gut ausgeführt, so bewirkt ein Anspannen des Seiles keine Lockerung sondern im Gegentheile eine Befestigung der Verbindungsstelle.

An Stelle dieser Verspliessung kann allerdings auch noch eine andere Verbindungsart treten. Nachdem man die Litzen des einen Seilendes in die des anderen in der durch die Fig. 43 *a* angedeuteten Weise geschoben hat, dreht man die einzelnen Litzen auf und legt die einzelnen Drähte des einen Endes um den unaufgedrehten Theil des anderen Endes so herum, dass sie dieses Ende als cylindrisches Drahtbüschel umhüllen. Hierauf umwindet man die beiden Drahtbüschel vollständig mit Bindedraht, wie dies Fig. 43 *c* zeigt. Sowohl dieser Verbindungsart als auch der Verspliessung hat ein Verlöthen zu folgen.

Die, wie wir gesehen haben, vielfach zur Anwendung gelangende Verlöthung lässt es als zweckentsprechend erscheinen, hier die Beschreibung von **Löthfeuern**, wie sie bei der Installirung von Blitzableitern Verwendung finden können, einzuschalten. Eine Löth-

lampe, brauchbar für Verbindung schwächerer Leitungsstücke beschreibt Klasen.[1]) Unter dem Spiritusgefässe *a*, Fig. 44, brennt eine Lampe, welche in dem oberen Gefässe Dämpfe erzeugt, die durch das Rohr *b* heftig abströmen und bei *d* in die Flamme der Spirituslampe *c* blasen, wo dieselben mit verbrennen und eine starke Stichflamme entwickeln, mittelst welcher die Löthungen schnell und sicher ausgeführt werden können. Der Mantel *d*, in dem die beiden Spiritusgefässe festgeklemmt sind, besteht aus starkem Blech mit einer rechteckigen vorderen Oeffnung für die Stichflamme, und sind an dessen hinterer Seite zwei bewegliche Henkel angebracht, welche zur bequemen Handhabung des Apparates dienen. Die Füllung des oberen Gefässes geschieht durch eine kleine Verschraubung, welche vollständig dicht abzuschliessen ist. Nach unserem Ermessen würde es zweckmässig sein, das Gefäss *a* noch mit einem Sicherheitsventile zu versehen.

Fig. 44.



Für stärkere Leitungen ist die Flamme dieser Löth-Lampe zu klein; hier wird die von Zacharias[2]) beschriebene Doppellampe bessere Dienste bieten. Dieselbe ist folgendermassen construirt. Auf einem gemeinschaftlichen metallenen Rahmen, Fig. 45, sind zwei Spirituskessel *K*, ähnlich den Aeolipilen mit Ventilen *V* und Blaserohren *R* versehen, befestigt, in welchen der Spiritus durch die beiden Lampen *L* verdampft wird.

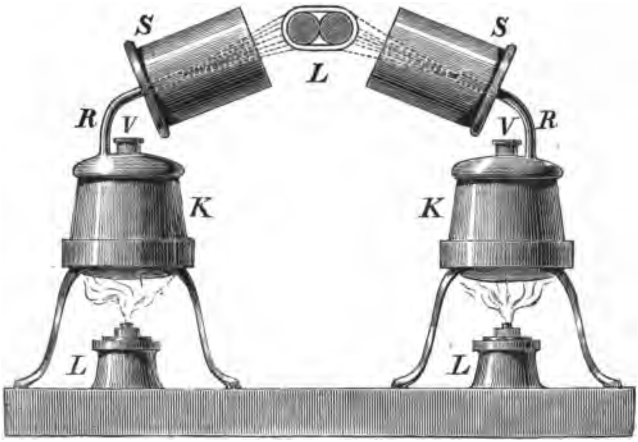
---

[1]) L. Klasen, l. c. p. 45.

[2]) J. Zacharias, Die Erhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen, p. 44.

Die beiden schornsteinartigen Rohre halten das Feuer dieses Gebläses zusammen und concentriren es auf die Löthstelle. Sollten so starke Leitungen zu verlöthen sein, dass auch diese Doppellampe nicht ausreicht, um das Metall hinlänglich stark zu erhitzen, so muss ein Kohlenfeuer in einem transportablen Ofen zur Anwendung gelangen.

Fig. 45.



V. Die Anlage von Blitzschutzvorrichtungen.

Lässt bereits der Inhalt der vorstehenden Abschnitte erkennen, dass die Anlage einer Blitzschutzvorrichtung in verschiedener Weise zweckentsprechend ausgeführt werden kann, so wird dies noch deutlicher erkennbar, wenn man specielle Fälle ins Auge fasst, wenn man sich die Aufgabe stellt, ganz bestimmte Objecte mit

Blitzschutzvorrichtungen auszurüsten. Es ist einleuchtend, dass sowohl die Gestalt und Grösse als auch die Lage und Umgebung des zu schützenden Objectes berücksichtigt werden müssen. Die Blitzgefahr kann für ein gewöhnliches Wohngebäude inmitten einer Stadt nicht dieselbe sein, wie für den hoch in die Luft ragenden Thurm einer hochgelegenen Kirche, nicht dieselbe wie für ein auf dem Meere schwimmendes Schiff oder für ein Telegraphenamt, in welches zahlreiche weitverzweigte Leitungen einmünden u. s. w. Es ist daher auch nicht möglich, bestimmte und allgemein giltige Regeln für die Anlage von Blitzschutzvorrichtungen anzugeben. Solche können vielmehr nur für bestimmte Gruppen von Objecten in grossen Zügen entworfen werden, während die Detaillirung derselben erst für ein concretes Object gegeben werden kann. Es wird jedoch zweckmässig sein, der Besprechung concreter Objecte die Betrachtung jener Umstände vorauszuschicken, welche bei Objecten gleicher Art auf die Ausführung der Anlage bestimmend einwirken können. Solche Umstände sind: die Grösse, Form und die Baumaterialien des betreffenden Objectes, die Lage und Umgebung desselben.

Von der **Grösse des Gebäudes** wird es zunächst abhängen, ob wir mit der Aufstellung eines Blitzableiters ausreichen oder ob deren mehrere angebracht werden müssen. Doch schon hier sind keine präcisen Angaben mehr möglich, da wir über die Grösse des Schutzraumes nur Vermuthungen mit einer begrenzten Wahrscheinlichkeit aufstellen können. Was sich bezüglich der wahrscheinlichen Grösse des Schutzraumes an der Hand der Erfahrungen ergab, hatten wir bereits

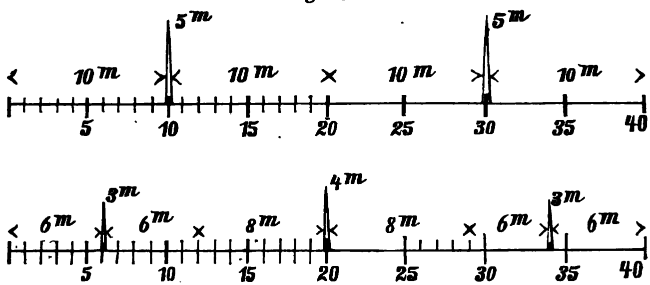
(S. 94 u. f.) Gelegenheit zu besprechen. Andererseits kann aber die Zahl der Fangstangen nicht durch die Grösse des Schutzraumes, selbst wenn diese genau bekannt wäre, bestimmt werden; hierbei muss offenbar auch die Länge der Stange in Betracht gezogen werden. Mit Rücksicht auf die Sicherheit und Dauerhaftigkeit der Aufstellung und auf die Kosten wird es sich empfehlen, in der Regel nur Stangen von 2 bis 4 Meter Länge zu wählen, 5 Meter lange Stangen nur in Ausnahmsfällen zu verwenden und darüber hinaus in keinem Falle zu gehen.

Unter diesen Voraussetzungen ist es nun möglich, genauere Angaben über die Zahl und Anordnung der Fangstangen und Leitungen zu machen. Wenn wir vorläufig nur die Grösse des Objectes berücksichtigen, kann ein gewöhnliches Gebäude, z. B. ein einfaches Wohnhaus, gegen Blitzschlag als gesichert betrachtet werden, wenn es bei circa 20 Meter Länge einen Blitzableiter erhält, dessen Fangstange ungefähr 4 Meter hoch ist und in der Mitte der First aufgestellt wird. Mit einer Fangstange kann kein Auslangen mehr gefunden werden, wenn die Länge des Gebäudes 20 Meter überschreitet. Für grössere Gebäude kann man der Berechnung für die Stangenzahl im Allgemeinen folgende Regel zu Grunde legen: Jede Fangstange muss zweimal hintereinander angelegt gedacht, entweder das Ende des Gebäudes oder einen Punkt desselben erreichen, auf welchen auch eine zweite zweimal umgelegte Fangstange gelangt. Man kann z. B. ein Gebäude von beiläufig 30 Meter Länge durch zwei Fangstangen von je 4 Meter Höhe schützen, wenn man die beiden Fangstangen je 3 Meter vom Giebel entfernt

aufstellt. Ein Gebäude von beiläufig 40 Meter Länge könnte durch zwei je 5 Meter hohe Fangstangen geschützt werden, die auf der First je 10 Meter vom Giebel entfernt aufgestellt werden. Man kann aber auch drei Stangen aufstellen, und zwar eine 4 Meter hohe in der Mitte und zwei je 3 Meter hohe in einer Entfernung von je 6 Meter vom nächstgelegenen Giebel. In beiden Fällen ist, wie dies die Figur 46 erkennen lässt, das Gebäude nach der obigen Regel gesichert.

Was die Zahl der Ableitungen betrifft, so wird diese ebenfalls, wenn wir vorläufig von anderen Um-

Fig. 46.



ständen absehen, von der Grösse des Gebäudes bestimmt. Es genügt im Allgemeinen eine Ableitung, wenn das Gebäude eine Länge von beiläufig 25 Meter nicht überschreitet; ist dies aber der Fall, dann sind zwei oder mehr Ableitungen anzubringen. Hierbei hat man die Fangstangen und die Ableitungen so miteinander zu verbinden, dass sie ein im leitenden Zusammenhange stehendes System bilden. Je nach der Höhe der Stangen genügt dann eine Ableitung für zwei bis drei Fangstangen. Bei einem grossen Gebäude oder Gebäudecomplex kann es übrigens auch zweckmässig erscheinen,

zwei oder mehrere von einander getrennte Blitzschutzsysteme anzuordnen.

Weitere Angaben über Zahl, Höhe und Vertheilung der Fangstangen, sowie über die Zahl und Anordnung der Leitungen und ihrer Verbindungen können nur dann Brauchbares enthalten, wenn ausser der Grösse des Gebäudes auch den anderen oben erwähnten Verhältnissen Rechnung getragen wird. Es bedürfen sogar schon die bisher gemachten Angaben einer Correctur, sobald die Form des Gebäudes in Betracht gezogen wird. Zunächst immer noch einfache Gebäude, d. h. solche ohne jeden architektonischen Schmuck, vorausgesetzt, muss schon bei diesen die **Form der Bedachung** berücksichtigt werden. Kann z. B. eine 4 Meter hohe Fangstange auf der Mitte der First einer mehr oder weniger spitzen Bedachung aufgesetzt als genügender Schutz für ein Gebäude angesehen werden, welches eine Länge von 15 bis 20 Meter besitzt, so reicht eine solche Fangstange für ein gleich grosses Gebäude, aber mit flacher Bedachung, nicht mehr aus. Hier muss die Höhe, beziehungsweise Zahl der Stangen so bemessen sein, dass mit der einmaligen Umlegung der Stange die Begrenzung (und namentlich die Ecken) des Daches, beziehungsweise der Schutzraum einer zweiten Stange erreicht wird.

Bei mehr oder weniger spitzer Bedachung der einen oder anderen Form ist die First als hochgelegene Kante der Influenzwirkung und somit auch der Blitzgefahr am meisten ausgesetzt. Auf dieser Kante selbst wird sich aber die Influenzwirkung auf die Giebel, welche mehr oder weniger spitze Ecken bilden, erheblich stärker geltend machen, wie an den anderen Theilen der First. Mit Berücksichtigung dieses Umstandes können also die in

Fig. 46 dargestellten Anordnungen nicht mehr als zweckmässige angesehen werden. Man wird vielmehr eine weit verlässlichere Sicherung des Gebäudes erzielen, wenn man selbst bei Beibehaltung der angegebenen Stangendimensionen die Fangstangen weiter gegen die Giebeln zu rückt, eventuell sogar auf die Giebelmauern stellt.

Hat man bei geraden Dächern nur die Giebel als besonders gefährdete Punkte zu beachten, so erfordern mannigfach gegliederte Bedachungen eine eingehende Würdigung aller Winkel, Kanten und Spitzen des Daches. Gebäude deren Grundriss, also auch deren Bedachung beiläufig die Form eines Hufeisens besitzt (einen Hof von drei Seiten umschliesst), werden auch bei verhältnissmässig kleinen Dimensionen kaum mit weniger als drei Fangstangen zu schützen sein; schliesst das Gebäude etwa einen Hof von vier Seiten ein, so dürfte man mit weniger als vier Fangstangen kaum in der Lage sein, einen sicheren Schutz zu schaffen.

Die Form der Bedachung wird aber nicht nur durch den Grundriss des Gebäudes, sondern auch durch die Höhe der einzelnen Theile desselben beeinflusst; ein Gebäude, welches sich z. B. aus einem hohen Mitteltracte und zwei einander gleichen seitlichen Flügeln von geringerer Höhe zusammensetzt, wird man in zweckmässiger Weise kaum mit zwei, vier, sechs . . . Fangstangen schützen können, sondern nur mit einer, drei, fünf . . . Stangen, von welchen man die grösste auf dem Dachstuhle des Mitteltractes aufstellt. Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, dass der Mitteltract jene Grösse nicht überschreitet, für welche der Schutz durch eine Stange bewirkt werden kann.

Die zu berücksichtigenden Umstände werden noch mannigfacher, wenn das Gebäude eine reiche architektonische Gliederung zeigt, eine grosse Anzahl von vorspringenden Erkern, Thürmchen und Dachverzierungen, wie z. B. Windfahnen, Wetterrosen, Flaggenstangen u. dgl. besitzt, wenn Schornsteine die Bedachung erheblich überragen u. s. w. Dies alles erfordert eine um so sorgfältigere Berücksichtigung, als die genannten Theile häufig ganz aus Metall bestehen oder doch viele metallische Bestandtheile an sich tragen. Doch hierauf müssen wir ohnehin noch zurückkommen, wenn wir uns mit der Frage beschäftigen, was in ein Blitzschutzsystem einzuschalten ist.

Hingegen führt uns dies zu der Frage, in welcher Weise die bei der Aufführung eines Baues zur Verwendung gelangten **Baumaterialien**, beziehungsweise die Bestandtheile der inneren Einrichtung eines Gebäudes auf die Herstellung einer Blitzschutzvorrichtung Einfluss nehmen können. Ein Gebäude, welches eine metallische Bedachung, einen eisernen Dachstuhl, eiserne Tragsäulen, Traversen, verzweigte Röhrenleitungen aus Metall, Maschinen, ausgedehnte Transmissionen u. dgl. besitzt, wird in weit höherem Grade der Blitzgefahr ausgesetzt sein als ein solches, welches aus nicht leitenden Materialien erbaut wurde und auch bezüglich seiner inneren Einrichtungen arm an Metallen ist. Bei einem solchen erstreckt sich die Influenzwirkung einer Gewitterwolke fast ausschliesslich auf den Blitzableiter; erst eine ausgiebige Benetzung durch den Regen wird eine, wenngleich sehr schwache, Influenzwirkung auf das Haus veranlassen können. Somit ist ein derartiges Gebäude unter sonst gleichen Umständen überhaupt weniger der Blitz-

gefahr ausgesetzt und es genügt die bei Anlage von Blitzschutzvorrichtungen im Allgemeinen erforderliche Vorsicht.

Ist hingegen das Gebäude reich an Metallmassen, sei es, dass diese der Construction derselben angehören, sei es, dass sie die innere Einrichtung bilden, so ist diesem Umstande ganz besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. In einem solchen Falle ist gerade das zu schützende Object der Influenzwirkung einer Gewitterwolke am meisten ausgesetzt und erfordert daher naturgemäss eine besonders sorgfältig durchdachte und ausgeführte Schutzvorrichtung. Da man derartige grössere und verschieden vertheilte Metallmassen nicht derart zu isoliren im Stande ist, dass sie selbst der hochgespannten Gewitterelektricität gegenüber gefahrlos für das zu schützende Object bleiben, so ist man in den meisten Fällen genöthigt, diese Metallmassen selbst in die Blitzleitung einzubeziehen, um sie unschädlich zu machen. Allgemeine Regeln lassen sich für solche Fälle, ihrer Manigfaltigkeit wegen, nicht aufstellen; jeder specielle Fall erfordert ein specielles Studium und specielle Anordnungen der Blitzschutzvorrichtung. Die Anlage derselben ist daher nur einem erprobten Fachmanne zu übertragen, nicht aber, wie dies so häufig geschieht, einem Schlosser oder Kupferschmied, und möge dieser sein Handwerk auch noch so gründlich verstehen. Um hier das Richtige zu treffen, ist eben eine gründliche Vertrautheit mit den Gesetzen der Spannungselektricität erforderlich, um so mehr, als hier die Erfahrungen, welche man über den Schutzraum einer Fangstange unter normalen Verhältnissen gemacht hat, für die in Rede stehenden Fälle keine Anwendung finden können.

Zu den in den häufigsten Fällen **mit der Blitzleitung zu verbindenden Metallbestandtheilen** eines Gebäudes gehören bei Metallbedachung selbstverständlich das ganze Dach und bei Eisenconstruction des Dachstuhles auch dieser, ferner aber auch stellenweise Metallbedeckungen des Daches, Grat- und Kehlbleche Kaminhüte, blecherne Dachlucken, Regenrinnen, jede Art metallischer Verzierungen, wie Windfahnen, etwaige fortlaufende Firstverzierungen aus Metall u. s. w.; dann eiserne Traversen und Tragsäulen, Spanneisen bei Gewölben, jede Art metallischer Röhrenleitungen, namentlich dann, wenn sie hoch in das Gebäude hinaufragen, ebenso eiserne Treppen oder Rampen, eiserne Fenstergitter auf der Wetterseite, metallene Brunnen oder Pumpen, selbst wenn diese im Innern des Gebäudes liegen u. s. f. Kleinere Metallmassen sind dann sowohl untereinander als auch mit der Blitzleitung zu verbinden, wenn sie eine fortlaufende, wenngleich vielfach unterbrochene Kette bilden. Andererseits darf man jedoch hierin nicht zu weit gehen, weil man sonst die Blitzgefahr an Stellen innerhalb des Gebäudes hineinführen würde, wo sie ohne Herstellung einer Verbindung gar nicht vorhanden gewesen wäre. Holtz warnt daher mit Recht davor, innerhalb der Gebäude gelegene Metallmassen ohne Auswahl mit der Blitzableitung zu verbinden. Diese Verbindung muss aber in jedem Falle hergestellt werden mit metallenen Pumpen, weil diese mit dem Grundwasser in Verbindung stehen, Regenrinnen und ebenso Gas- oder Wasserleitungsröhren, falls sie Theile eines grösseren weitverzweigten Röhrennetzes sind.

Man hat ferner zu unterscheiden, ob die betreffende Metallmasse einfach mit der Blitzleitung zu verbinden

ist, so dass also diese Metallmasse den Endpunkt der Hilfs- oder Nebenleitung bildet, oder ob sie vollständig in die Blitzleitung eingeschaltet werden soll, so dass sie also zu der Hauptleitung einen Nebenschluss bildet. Welche dieser Verbindungsweisen zu wählen ist, kann immer erst im speciellen Falle nach eingehendem Studium der localen Verhältnisse entschieden werden. Bei einfacher Verbindung der Metallmasse führt man die Nebenleitung von der ersteren immer zu einem tiefer gelegenen Punkte der Hauptleitung; nur unmittelbar an der Hauptleitung gelegene Metallmassen können durch ein horizontales Verbindungsstück angeschlossen werden, in jedem Falle vermeide man aber den Anschluss der Nebenleitung an einem höher gelegenen Punkte der Hauptleitung. Einfache Verlöthung der Zweigleitung mit der Hauptleitung einerseits und mit der Metallmasse andererseits kann hier als ausreichende Befestigung gelten. Die Stärke der Zweigleitung wird durch die Grösse der Metallmasse und durch ihre eigene Länge bestimmt.

Soll die Metallmasse in die Blitzleitung förmlich eingeschaltet werden, so hat man den von der Blitzleitung am weitesten entfernten, beziehungsweise tiefsten Punkt der Masse mit einem tiefer gelegenen Punkte der Hauptleitung zu verbinden, den höchsten, beziehungsweise nächsten Punkt der Masse durch eine zweite Zweigleitung oberhalb des vorhin genannten Punktes der Hauptleitung an diese anzuschliessen. Beide Zweigleitungen sind in diesem Falle im Allgemeinen stärker zu wählen als im erstbetrachteten Falle, und ferner muss auch ihre Befestigung eine vollkommen verlässliche sein; einfaches Verlöthen ohne vorhergegangener

Vernietung, Verschraubung oder dergleichen genügt hier nicht mehr.

Ist das Gebäude ausschliesslich mit Metallblech eingedeckt, so ist das Dach stets mit dem Blitzableiter zu verbinden. Stehen die Blechplatten sämmtlich untereinander in gut metallischer, d. h. leitender Verbindung (durch Verlöthung, nicht blos Ineinanderfalzen ihrer Ränder), so genügt es, unter Hinweglassung der Dachleitung einerseits die Fangstangen mit dem Dache leitend zu verbinden und andererseits die Ableitungen an die Bedachung ebenfalls gut leitend anzuschliessen. Vorsichtiger bleibt es aber immerhin, neben der Einschaltung des Daches noch eine directe Verbindung zwischen den Auffangstangen und den Ableitungen durch die gewöhnliche Dachleitung herzustellen. Theilweise Metallbedachungen sind mit dem Blitzableiter zu verbinden, wenn sie demselben nahe liegen oder eine Ausdehnung von mehreren Quadratmetern erreichen.

Firstverzierungen sind bei irgend nennenswerther Grösse und namentlich wenn sie Kanten und Spitzen besitzen, immer an den Blitzableiter anzuschliessen. In vielen Fällen werden sie selbst Theile des Blitzableiters bilden, wie z. B. eine Windfahne oder Flaggenstange bei entsprechender Construction die Fangstange ersetzen kann (siehe Figuren 19 u. 20), oder die Firstverzierung gleichzeitig einen Theil der Dachleitung bildet.

Da Regenrinnen der Erde gewöhnlich sehr nahe kommen oder sogar häufig in dieselbe eindringen, üben sie auf den Blitz eine besondere Anziehungskraft. Es ist deshalb zweckmässig, die Ableitung, wenn möglich, der Regenrinne nahe zu bringen, letztere aber in jedem Falle mit der Blitzleitung zu verbinden; die horizon-

talen Regenrinnen kommen weniger in Betracht. Innerhalb der Gebäude befindliche metallene Pumpen oder Brunnen sind, wie bereits erwähnt, stets mit dem Blitzableiter zu verbinden. Dieser Brunnen kann dann einen Theil der Erdleitung bilden; es ist jedoch nicht anzuempfehlen, einem innerhalb des Gebäudes gelegenen Brunnen allein die Erdleitung zu übertragen, eine solche soll vielmehr immer ausserhalb des Gebäudes hergestellt werden. Bei Einschaltung eines metallenen Brunnens in den Blitzableiter hat man ferner zu beachten, aus welchen Metallen das Brunnenrohr und die Leitung bestehen und ersteres mit letzterer nur dann (wenigstens unter Wasser) direct zu verbinden, wenn beide aus demselben Metalle bestehen. Ist dies nicht der Fall, so verzichtet man auf eine directe Verbindung und lässt dafür die Zweigleitung in eine Metallplatte ausgehen, welche in das Wasser des Brunnens eingesenkt wird. Bei directer Verbindung des Brunnenrohres mit der Leitung ist wohl darauf zu achten, dass sich diese Anschlussstelle nicht oberhalb einer ausser Wasser stehenden, etwa mit Lederdichtung versehenen Flantschenverbindung zweier Röhrenstücke befindet, weil eine solche die metallische Continuität bis zum Grundwasser stören würde.

Ob **Gas- und Wasserleitungsröhren** in die Blitzableiter einzuschalten sind oder nicht, bildete eine der lebhaftest discutirten Fragen. Jedoch um auf diesen Streit näher einzugehen, mangelt uns der Raum und muss somit auf die betreffende Literatur verwiesen werden. An dieser Stelle wollen wir nur über ein Gutachten ausführlicher berichten, welches von der königlich sächsischen technischen Deputation abgegeben

wurde und seiner Gründlichkeit wegen besondere Beachtung verdient.[1])

Der Bericht constatirt zunächst, dass alle Fachmänner in der Ansicht übereinstimmen, dem Blitzableiter sei eine möglichst gute Ableitung zur Erde zu geben und diese könne nur durch Verbindung grösserer Metallmassen mit möglichst grosser Oberfläche in ständig nasser Erde erreicht werden. Diese Absicht werde um so besser erreicht, je grösser die Berührungsfläche zwischen der ständig feuchten Erde und der Metallmasse ist. Hat man nun in vielen Fällen mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, um durch Erdplatten dieser Anforderung zu genügen, so bieten andererseits die weitverzweigten metallischen Rohrnetze städtischer Gas- und Wasserleitungen wegen ihrer grossen, mit mehr oder minder feuchter Erde in Berührung stehenden Oberflächen ein vorzügliches Hilfsmittel zur Erreichung des gedachten Zweckes dar.

Der von Har zuerst vorgeschlagene Anschluss der Blitzableiter an die Rohrleitungen wurde in Europa im grossen Massstabe zuerst von Melsens am Brüsseler Stadthause 1865 ausgeführt. Die Verbindung der Blitzableiter mit metallischen Rohrleitungen erscheint um so nothwendiger, als durch Einführung der letzteren die Gefahr eines Blitzschlages bedeutend gesteigert, oder wenn die betreffenden Gebäude mit Blitzableitern versehen sind, das Abspringen des Blitzes von diesen auf die Rohrleitungen befördert wird, sobald diese nicht mit dem Blitzableiter verbunden sind. Die Grösse der Rohrleitungen und ihre ausgedehnte metallische mit der

[1]) Abgedruckt in Uppenborn's Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre, Bd. IV, p. 217—227.

Erde in Berührung stehende Fläche machen derartige Anlagen zu Blitzableitern, welche die besten, absichtlich construirten Blitzableiter an Wirkungsfähigkeit weit übertreffen müssen. Diese Ansicht wurde in der That durch zahlreiche Beobachtungen von Blitzschlägen in Rohrleitungen bestätigt. Es zeigte sich hierbei, dass der Blitz stets nach diesen strebt; sind Blitzableiter (wenn auch mit guten Erdleitungen) vorhanden, so springt er von diesen auf die Rohrleitungen über, sind keine Blitzableiter angebracht, so schlägt er durch jene Theile des Gebäudes hindurch, welche die Rohrleitungen überragen. In jedem Falle sind die auf dem Wege des Blitzstrahles liegenden Objecte der Beschädigung oder Zerstörung ausgesetzt. Diese Zunahme der Blitzgefahr durch Einführung von Gas- und Wasserleitungen in ein Gebäude oder auch durch blosse Zuführung in die Nähe des Gebäudes geht am deutlichsten hervor aus Fällen, in denen Blitzableiter mit an sich guter Erdleitung, beziehungsweise solche, welche früher notorisch Blitzschläge ohne Schaden geleitet haben, sich nach der Herstellung der Röhrenleitungen als unwirksam, beziehungsweise als nicht mehr zulänglich erwiesen. (Solche Beispiele sind l. c. angeführt.) Es kann somit im Interesse der Sicherung von Gebäuden gegen Blitzschläge keinem Zweifel unterliegen, dass der Anschluss der Blitzableiter an gedachte Rohrleitungen zu empfehlen ist. Diese Ansicht vertraten auch Melsens, die permanente Blitzableitercommission der belgischen Akademie, Harris, die Commission zur Prüfung der Blitzableiter der Municipalgebäude in Paris, die Commission der preussischen Akademie, Holtz, Neesen u. s. w.

Die Frage erfordert aber auch noch die Erwägung einer zweiten Seite, nämlich ob der Anschluss der Blitzableiter an die Rohrleitungen nicht etwa für letztere gefährlich werden kann. Ein Rohrnetz wird offenbar dann nicht selbst beschädigt werden, wenn es in Folge hinreichender Ausdehnung, Oberfläche und Wandstärke im Stande ist, die grosse Elektricitätsmenge eines Blitzschlages rasch und unschädlich im Boden zu vertheilen; das Rohrnetz muss daher in seiner ganzen Ausdehnung oder doch auf grosse Strecken hin metallische Continuität besitzen. Bei kleinen, für sich bestehenden Gas- oder Wasserleitungen einzelner Gebäude oder Gebäudecomplexe ist es denkbar, dass die Ausdehnung und Oberfläche des in der Erde liegenden Rohrnetzes zu klein ist, um eine genügende Ableitung zu geben, dass vielmehr das Rohrnetz selbst des Schutzes durch Verbindung mit einer grossen, im Grundwasser liegenden Erdplatte oder mit einem grösseren Röhrennetze bedarf.

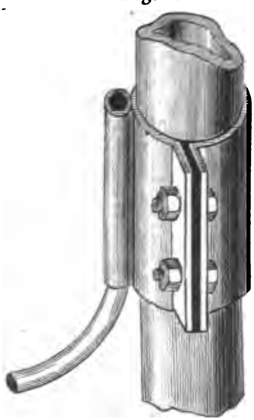
Der Querschnitt der Röhrenwandung bei eisernen Strassenleitungen wird wohl stets gross genug sein, um Blitzschläge gefahrlos zu leiten. Es folgt dies übrigens auch aus den Versuchen von Melsens, sowie aus der häufig gemachten Beobachtung, dass bei Blitzschlägen in Telegraphenleitungen die nur 4 bis 6 Millimeter dicken Eisendrähte wohl hin und wieder glühend werden aber beinahe nie schmelzen; die Beschädigungen erstreckten sich fast immer nur auf die Isolatoren oder deren Träger.

Der metallische Zusammenhang einer Rohrleitung ist ein zweifellos entsprechender, wenn die Röhren durch Muffen verbunden und durch eingegossene und hierauf verstemmte Bleiringe gedichtet sind. Selbst eine

Flantschenverbindung mit Dichtung durch dazwischengelegte, die Elektricität nicht leitende Ringe wird in der Regel die metallische Continuität der Rohrleitung nicht stören, da die Schraubenbolzen eine hinreichende Dicke besitzen und mit den Schraubenmuttern, sowie mit den Flantschen in ausreichender metallischer Berührung stehen.

Bezüglich der Verbindungsweise der Blitzableiter mit einer Rohrleitung wird die von Melsens ausgeführte gutgeheissen. Melsens befestigt eine nach der Form des eisernen Rohres gebogene Kupferplatte auf ersterem durch Messingschrauben, für welche das Muttergewinde in die Wandung des Rohres geschnitten ist; die Leitungsdrähte werden in die durchbohrten Köpfe ähnlicher, in der Kupferplatte befestigter Schrauben eingesetzt und mit Zinn gelöthet. Diese allerdings empfehlenswerthe Verbindung dürfte aber der Schwierigkeit der Ausführung wegen kaum allgemeinen Eingang finden. Hingegen kann wohl angenommen werden, dass die Verbindung mit Hilfe einer starken Schelle genügt, falls für Herstellung und Erhaltung guter metallischer Berührung auf grosser Fläche Sorge getragen wird. Holtz führt die Leitung in einigen langen Windungen um das Rohr herum und verlöthet erstere mit letzterem an mehreren Stellen. Man kann auch das metallisch blanke Rohr mit einer zweitheiligen Schelle aus Kupfer oder verzinntem Eisen umschliessen (Fig. 47), mit welcher die Leitung verlöthet ist.

Fig. 47.



Auf Grund der im Vorstehenden auszugsweise wiedergegebenen Erörterungen gelangte die technische Deputation zur Formulirung nachstehender Grundsätze:

1. Die Verbindung eines Blitzableiters mit dem Strassenrohrnetz einer städtischen Gas- oder Wasserleitung von passender Beschaffenheit macht die Anbringung einer Erdplatte überflüssig.

2. Diese Verbindung ist nicht nur zulässig, sondern als empfehlenswerth zu bezeichnen.

3. Als Röhrenleitungen von passender Beschaffenheit sind diejenigen zu erachten, welche aus eisernen Röhren mit Muffenverbindung und Bleidichtung bestehen. Flantschenverbindungen sind nur dann als genügend anzusehen, wenn sie starke Schraubenbolzen besitzen.

4. Wenn Wasser- und Gasleitung zugleich in der Nähe des Blitzableiters sind, empfiehlt es sich, diesen mit beiden Rohrleitungen zu verbinden.

5. Falls der Blitzableiter in der Nähe einer Flantschenverbindung oder eines mittelst zweier Flantschenverbindungen in die Rohrleitung eingefügten Stückes liegt, ist er mit den beiden zu beiden Seiten der Flantschenverbindung oder des eingesetzten Stückes liegenden Theilen des Rohrnetzes zu verbinden.

6. Die Verbindung des Blitzableiters ist womöglich durch Verlöthung mit Weichloth auf möglichst grosser Fläche vorzunehmen. Bei kupfernen Leitungen kann der Draht oder das Drahtseil für diesen Zweck einigemale um das metallisch blank gemachte und verzinnte Rohr herumgewickelt werden; bei eisernen Leitungen kann der Eisenstab an eine Rohrschelle angeschweisst oder an dieselbe angeschraubt und verlöthet werden.

Die um das Rohr gewundene Leitung oder die um dasselbe gelegte Schelle sind schliesslich möglichst vollkommen mit dem Rohre zu verlöthen.

7. Ist eine gründliche Verlöthung nicht gut ausführbar, so kann die Verbindung folgendermassen ausgeführt werden:

Das Blitzableiterende wird eingeschoben oder eingeschraubt in einen durchbohrten Ansatz in einem Theile einer verzinnten oder verzinkten, zwei- oder mehrtheiligen Rohrschelle von Schmiedeeisen, Bronze oder Kupfer und wird mit Zinn verlöthet. Das Rohr wird an der Ansatzstelle in der Breite der Rohrschelle durch Befeilen, Abschmirgeln oder Abbeizen möglichst vollkommen metallisch blank gemacht, dann wird ein beiderseits blank geschabtes Bleiblech, von gleicher Breite mit der Schelle, um die blanke Rohrstelle gelegt, die Schelle auf das mit dem Bleiblech umwickelte Rohr aufgesetzt und mittelst ihrer Bolzenschrauben so fest angezogen, dass das Bleiblech sich sowohl an das Rohr als an die Schelle dicht anlegt. Hierauf werden die schon vorher verzinnten Köpfe und Muttern der Schrauben mit den Lappen der Schelle, an welchen sie anliegen, die Muttern mit den Schraubenspindeln mit Zinn verlöthet.

Endlich wird der Blitzableiter von seiner Eintrittsstelle in die Erde an bis zur Verbindung mit dem Rohre und insbesondere die Verbindung selbst, also die Schelle sammt Schrauben, mit einer Isolirschicht zum Schutze gegen Oxydation umgeben; diese Isolirschicht kann durch dichtes Umwinden der zu schützenden Theile mit getheertem Hanf oder durch Umgiessen mit Asphalt hergestellt werden.

8. Um den in der Erde liegenden Theil des Blitzableiters und die Verbindungsstelle möglichst vor Verletzungen zu schützen und eine etwaige Revision zu erleichtern, empfiehlt sich die Umhüllung der fraglichen Theile mit einer leichten Ziegelmauerung.

9. Unterbrechungen des Zusammenhanges der Leitung bei Arbeiten an Wasser- oder Gasleitungen sollen während eines Gewitters nicht vorgenommen werden. Sind solche aus Anlass dringender Reparaturen unvermeidlich, so empfiehlt sich eine Verbindung der getrennten Theile durch einen gut leitenden Körper, etwa durch Drahtseil.

Zu diesen Vorschriften haben wir Nachstehendes zu bemerken. In den Punkten 2 und 4 sollte es unserer Meinung nach nicht nur heissen, es empfiehlt sich die Verbindung der Blitzableiter mit den Rohrleitungen, sondern vielmehr diese Verbindungen müssen hergestellt werden. Andererseits können wir den unbedingten Ersatz der Erdplatte durch die Rohrleitung (Punkt 1 und 3) nicht gutheissen. Bilden auch letztere Hauptanziehungspunkte für den Blitz, so giebt es doch, wie gleich gezeigt werden soll, auch noch mancherlei andere Umstände, durch welche der Blitz veranlasst werden kann, seinen Weg gar nicht oder nur als Partialentladung zu den Rohrleitungen zu nehmen. Auch der in den Punkten 7 und 8 empfohlenen Isolirung des in der Erde liegenden Theiles des Blitzableiters, um diesen gegen Oxydation zu schützen, können wir nicht beistimmen, da diese in geringer Tiefe unter der Erde verlaufende Leitung in gewissen Fällen ebenso die Function der Erdleitung übernehmen kann, wie die Erdplatte selbst, wie dies Seite 112 erörtert wurde. Diese

Befähigung wird ihr aber natürlich entzogen, sobald man sie mit isolirenden Substanzen umgiebt.

Es erübrigt uns nun noch die Erörterung der Frage, in welcher Weise die **Lage des Gebäudes** und die **Bodenbeschaffenheit** bei Anlage eines Blitzableiters zu berücksichtigen sind. Bezüglich der Lage des Gebäudes bedarf es wohl kaum der Erwähnung, dass ein auf weiter Ebene allein stehendes Gebäude oder ein auf dem Gipfel eines Berges gelegenes Haus (unter sonst gleichen Umständen) der Blitzgefahr mehr ausgesetzt ist, als ein inmitten einer Stadt gelegenes Bauwerk. Ist also auf Objecten ersterer Art ein Blitzableiter aufzustellen, so muss man hierbei mit grösserer Vorsicht zu Werke gehen.

Die Lage eines Gebäudes ist aber auch noch in einer anderen Richtung zu berücksichtigen, nämlich in Hinblick auf die Richtung, in welcher die meisten Gewitter über das Gebäude hinziehen. Im Allgemeinen kann zwar für den grössten Theil von Mitteleuropa, theilweise auch für Italien und die Länder der übrigen Welttheile, soweit diese auf der nördlichen Halbkugel liegen, angenommen werden, dass die meisten Gewitter von West nach Ost oder von Südwest nach Nordost ziehen; es giebt jedoch Orte und Länder, wo locale Ursachen häufig Gewitter veranlassen oder regelmässig anziehende Gewitter von ihrer gewöhnlichen Richtung ablenken, worauf hier näher einzugehen nicht der Ort ist. In jedem Falle hat man sich aber vor Errichtung eines Blitzabbleiters über die Gewitterverhältnisse des betreffenden Ortes verlässliche Angaben zu verschaffen.

Jene Seiten eines Gebäudes, gegen welche die meisten Gewitter anziehen, sind bei Anlage eines Blitz-

ableiters besonders zu berücksichtigen, weil sie erstens dem Anpralle eines Gewitters am meisten ausgesetzt sind, zweitens weil sie vom Regen am stärksten benetzt und dadurch für Influenzwirkungen besser geeignet werden und drittens weil der Erdboden auf dieser Seite am stärksten von Wasser durchtränkt wird. Diesen schädlichen Einflüssen wirkt man in der Weise entgegen, dass man für die Fangstangen auf der Wetterseite des Gebäudes einen kleineren Schutzraum annimmt, also die Zahl der Stangen vermehrt oder die einzelnen Stangen höher macht; dass man die Dachleitung und ebenso die Ableitung über die dem Regenanpralle am meisten ausgesetzten Dachflächen und Mauern führt, und dass man auf dieser Seite für eine gute Erdleitung Sorge trägt. Es erscheint namentlich hier zweckmässig, von der bereits früher (Seite 112) erwähnten Verzweigung der Erdleitung Gebrauch zu machen, und zwar umsomehr, wenn das Grundwasser nur schwierig zu erreichen ist. Diesen oberflächlich verlaufenden Zweig der Erdleitung kann auch die Anschlussleitung an ein Rohrnetz ersetzen, vorausgesetzt, dass die Anschlussleitung nicht isolirt ist. In diesem Falle wird dann die in geringer Tiefe unter der vom Regen durchnässten Erdoberfläche verlaufende Anschlussleitung oder der Zweig der Erdleitung häufig gute Dienste leisten.

Es wird jedoch nicht selten der Fall eintreten, dass die Führung der Leitung über die dem Regen am meisten ausgesetzten Flächen eine erhebliche Verlängerung der Leitung erfordern würde, oder dass dann die Erdleitung an einem weniger geeigneten Orte herzustellen wäre, beides Umstände, die gleichfalls gefährlich werden können und daher auszuschliessen sind;

in solchen Fällen hilft man sich durch Herstellung zweier, beziehungsweise mehrerer Ableitungen. Für die Hauptleitungen muss hierbei der Grundsatz festgehalten werden, die Fangstangen immer auf dem kürzesten Wege mit den Hauptanziehungspunkten für den Blitz, d. h. mit zusammenhängenden grossen Wassermassen irgend welcher Art zu verbinden. Sind derartige Verbindungen in ausreichender Weise hergestellt, so verschlägt es nichts, wenn die Neben- oder Zweigleitungen unäusweichliche Umwege machen, um über die dem Regen am meisten ausgesetzten Flächen zur Erde zu gelangen. Solche Doppelleitungen erscheinen um so dringlicher erforderlich, wenn die betreffenden Gebäude von eisernen Traversen, Wellen, Röhrenleitungen, Deckendrähte oder irgend welchen anderen Metalltheilen quer durchsetzt werden, so dass diese die Wetterseite mit jener Seite des Hauses verbinden, auf welcher die Hauptleitung des Blitzableiters zur Erde geführt ist.

Diese Bemerkungen zeigen noch, dass eine genaue Kenntniss der Bodenbeschaffenheit unbedingt erlangt werden muss, bevor man zur Anlage einer Blitzschutzvorrichtung schreitet. Der Blitz sucht stets unbegrenzte Wassermassen zu erreichen; soll er unschädlich gemacht werden, so ist ihm der Weg dahin möglichst zu erleichtern. Die Leitung muss daher zu jenen Punkten geführt werden, die den Blitz muthmasslich am stärksten anziehen. Solche Punkte sind: Brunnen oder das Grundwasser überhaupt, Teiche, Seen, Flüsse, das Meer, aber auch Wassergräben, die mit ersteren in Verbindung stehen und an einzelnen Orten Erzlager. (Die Gas- und Wasserleitungen wurden bereits oben berücksichtigt.) Die Anziehungswirkung derselben wird eine um so grössere sein, je näher sie

sich dem Gebäude, beziehungsweise seiner Blitzschutzvorrichtung befinden. Die aufgezählten Punkte, welchen Blitzentladungen besonders zustreben, können erst dann ausser Berücksichtigung bleiben, wenn sie schon über 20 bis 25 Meter von dem zu schützenden Gebäude entfernt sind.

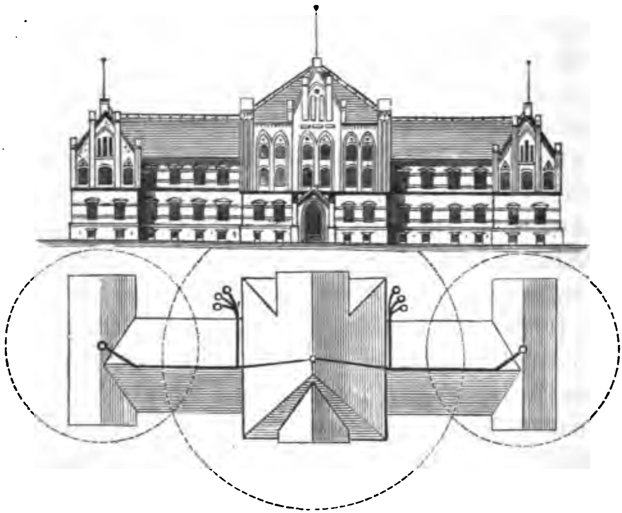
Ob dem einen oder dem anderen Anziehungspunkte die Leitung zugeführt werden soll oder ob beide in die Anlage einzubeziehen sind, kann immer erst für den ganz speciellen Fall angegeben werden. Es kann sich auch als zweckmässig herausstellen, die Leitung in einem solchen Punkte enden zu lassen und einen zweiten mit diesem durch eine unterirdische Leitung zu verbinden; dies alles kann aber nur der locale Augenschein zur Entscheidung bringen.

Aus obenstehenden allgemeinen Bemerkungen über die Anlage von Blitzschutzvorrichtungen ist ersichtlich, dass vor und während der Ausführung derselben eine lange Reihe mannigfacher Umstände in Erwägung zu ziehen ist und dass derartige Arbeiten, wenn sie ihrem Zwecke auch wirklich in allen Fällen entsprechen sollen, durchaus nicht dem nächsten Schlossermeister oder Dachdecker übertragen werden dürfen, sondern nur Männern, die sich speciell damit befassen oder solchen, welchen man gründliche Kenntniss elektrischer Erscheinungen zutrauen kann. Wir betonen diesen Umstand ausdrücklich deshalb, weil dagegen nur zu häufig gesündigt wird. Würde es der Raum gestatten, so könnten wir für die Richtigkeit dieser Bemerkung eine grosse Anzahl wohlbeglaubigter Beispiele anführen, in welchen der Blitz grössere oder geringere Schäden verursacht hat, trotzdem die betreffenden Objecte mit sogenannten Blitz-

ableitern versehen waren; bei näherer Untersuchung solcher Fälle stellte sich immer ein grober Fehler heraus, ein Fehler, der die ganze Anlage nur zu häufig zu einer Blitzgefahr statt zu einer Blitzschutzvorrichtung machte.

Da gewissen Gruppen von Objecten gewisse Umstände, welche bei Anlage einer Blitzschutzvorrichtung in Betracht kommen, gemeinschaftlich sind, wollen wir

Fig. 48.



an diesen die früher ganz allgemein dargelegten Grundsätze in einer Anzahl von Beispielen eingehender klar zu machen versuchen.

1. Blitzableiter auf grösseren Bauten oder Gebäudecomplexen.

Die Anlage eines Blitzableiters auf einem grossen Schulgebäude ist nach Zeichnungen von Wilh. Kirchner

in Kiel in Fig. 48 dargestellt.[1]) Dieses Schulgebäude hat eine Länge von 67 Meter und ist im Mittelbaue 23 Meter tief bei einer Höhe von 25 Meter. Die Anlage wurde mit drei Fangstangen und zwei Erdleitungen ausgerüstet. Die regelmässige Form des Mittelbaues, sowie die Höhe desselben mussten im Vorhinein zur Aufstellung der Hauptfangstange auf diesem Tracte führen. In der That erhielt derselbe auf der Höhe seiner First eine Stange von 7 Meter Länge, deren Schutzkreis sich weit über die beiden seitlichen Flügel erstreckt. Daher konnten auch die Auffangstangen an den Seitenbauten erheblich kürzer genommen werden. Die Figur lässt erkennen, dass hierbei das Gebäude in seiner ganzen Ausdehnung innerhalb der Schutzkreise liegt. Die bedeutende Länge des Gebäudes liess es zweckmässig erscheinen, zwei Ableitungen anzuordnen und diese sowohl untereinander als auch mit den Nebenleitungen zu verbinden; die Nebenleitungen laufen auf der First der Flügeln und schliessen sich den Hauptleitungen auf dem Dache des Mittelbaues an.

Mit Ausnahme der über das empfehlenswerthe Mass hinausgehenden Länge der mittleren Fangstange ist diese Blitzableiteranlage als eine ganz entsprechende zu bezeichnen.

Im Gegentheile hierzu verwendet Melsens bei seinem bereits wiederholt erwähnten Blitzschutzsysteme nur Spitzenbüschel von 0·5 bis höchstens 2 Meter Höhe (Seite 85). Melsens' System, welches in Belgien häufig zur Anwendung gelangt, wurde z. B. auch auf einem

---

[1]) G. Karsten, Gemeinfassliche Bemerkungen über die Elektricität des Gewitters und die Wirkung der Blitzableiter, p. 45.

Monumente, errichtet zur Erinnerung an König Leopold I. zu Laeken bei Brüssel, zur Ausführung gebracht.[1])

Das Monument ist ein gothischer Bau mit vielen einzelnen Spitzen. Es sind zwei Absätze mit Ringgängen vorhanden. Aus dem obersten Absatz erhebt sich die hohe Spitze des Monumentes. Jeder Absatz ist durch einen Rundgang markirt. Ueber der Brüstung desselben ragen viele einzelne spitze Thürme heraus. Nach der Theorie des Schutzkreises würde es genügen, die oberste Spitze mit einer Fangstange zu versehen, da alle anderen Theile des Monumentes innerhalb des Schutzkreises dieser Spitze liegen. Melsens hat hingegen alle Spitzen des ganzen Baues, überhaupt alle irgendwie gegen Blitzgefahr besonders exponirten Stellen durch kleine Fangstangen, welche sämmtlich untereinander in Verbindung stehen, geschützt. Die Fangstangen sind 0·5 bis 0·75 Meter lang. Von der obersten Spitze führt nicht eine Ableitung zum obersten Absatze herunter, sondern es gehen dahin deren mehrere, um durch die Möglichkeit der Theilung für den Blitz die Gefahr des Abspringens zu einer der Rosetten u. s. w. am Monumente auszuschliessen. Mit diesen Ableitungen sind dann die Fangstangen, welche ausserdem noch, wie erwähnt, unter sich in Verbindung stehen, verbunden. Von dem ersten Absatze führen darauf wieder mehrere Ableitungen zum zweiten Absatze und nehmen auch hier die Ableitungen von den einzelnen Thürmchen dieses Absatzes auf. Von hier aus führen die neun Ableitungsdrähte zur Erde, werden am Boden zu je drei zusammengefasst und dann mit einem eisernen Topfe verbunden, der in das Grundwasser gelegt wird.

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, II, 462.

Da bezüglich der Kosten einer Blitzableiteranlage nach dem Systeme Melsens verschiedene, zum Theile ganz falsche Meinungen herrschen, dürfte es zweckmässig sein, nachstehend einige diesbezügliche, von Melsens herrührende Angaben wiederzugeben.[1])

	Bedeckte Oberfläche, abgerundet in Quadratmeter	Kosten der Anlage in Francs	Kosten per geschützten Quadratmeter in Francs
Blitzableiter alten Systemes.			
Palast des Königs in Brüssel	7.800	23.551·07	3·02
Stallungen des Königs in Brüssel	2.800	17.446·59	6·23
Königl. Palais in Laeken	1.900	18·407·08	9·68
Blitzableiter nach System Melsens.			
Neuer Justizpalast . . .	16.600	10.840·00	0·65
Hôpital Saint-Pierre . .	6.300	4.849·40	0·77
Börse in Brüssel	3.200	1.496·65	0·47

G. Karsten[2]) giebt, sich auf bereits ausgeführte Anlagen stützend, nachstehende, natürlich approximative, Herstellungskosten an. Für ein einfaches Wohngebäude von 14 bis 18 Meter Länge, in zwei Stockwerken gebaut, sind etwa 100 bis 110 Mark zu rechnen. Ländliche ausgedehnte Bauten kosteten bei zwei grossen

[1]) Paratonnerres, Notes et Commentaires par Melsens. Ausstellungsbericht (Wien 1883) von M. E. Rousseau, p. 89.

[2]) G. Karsten, Gemeinfassliche Bemerkungen über die Elektricität des Gewitters und die Wirkung des Blitzableiters, p. 49.

Scheunen und einem Wohnhause, wobei sieben Auffangstangen verwendet werden mussten, rund 700 M. Bei Landkirchen stellten sich die Preise zwischen 400 und 500 M. In Fällen, wo bei der Einschaltung der Glocken und der Uhr längere und doppelte Leitung erforderlich war, stellten sich die Preise circa 200 M. höher. Wo die Bodenableitung Schwierigkeiten darbietet und complicirtere Verhältnisse vorliegen, steigern sich diese Summen etwas.

O. Buchner[1]) macht, auf die Preisangaben der Firma H. Berghausen in Köln gestützt, nachstehende Mittheilungen über die Kosten von Blitzableiteranlagen. Für ein vierstöckiges Wohnhaus 213 M.; davon entfallen auf eine Fangstange mit rothkupferner Wetterfahne und Zinkmantel 75 M.. und auf 36·1 Meter Kupferdrahtseilleitung 138 M. Die Kosten für den bis zum Knopfe 47 Meter hohen Thurm der evangelischen Kirche zu Crefeld betrugen 300 M., und zwar für 62·6 laufende Meter 36drähtiges Kupferdrahtseil 240 M., für eine Auffangstange aus schmiedeeisernem Rohre und mit kupferner, im Feuer vergoldeter mit Platin eingelegter Spitze 30 M. und für 18·8 laufende Meter Leitung zur Verbindung der Uhren mit dem Hauptleiter 30 M.

2. Blitzableiter für Pulvermagazine.

Ob Pulvermagazine oder überhaupt Gebäude, in welchen im hohen Grade feuer-, beziehungsweise explosionsgefährliche Stoffe aufbewahrt oder erzeugt werden,

---

[1]) O. Buchner, Die Construction und Anlegung der Blitzableiter, p. 154.

besonderer Blitzschutzvorrichtungen bedürfen, bildete schon zu Franklin's Zeiten einen Gegenstand lebhaftester Discussion. Zwar hatte sich schon Franklin in einem an Dawson gerichteten, vom 29. Mai 1755 datirten Schreiben über diese Frage folgendermassen geäussert: „Nach allen von mir in dieser Rücksicht gemachten elektrischen Versuchen, nach allen Beispielen, welche ich von den Wirkungen des Gewitters auf diese Ableiter kennen gelernt habe, scheint es mir, dass sie — nur müssen sie alle gut und vollständig sein und bis in's Wasser oder in einen sehr feuchten Erdboden reichen — gleich sicher sind, sie mögen entweder an die Mauer selbst befestigt und mit eingeschlagenen Klammern haltbar gemacht werden oder auf einer in die Erde in einiger Entfernung von den Mauern eingerammten Stange oder Mastbaum ruhen. Die erste Methode ist die angemessenste, weil man der Leitung eine Krümmung geben kann, um den Fenstern oder jenen Thüren auszuweichen, die gerade unter der Giebelspitze sich befinden".

Trotz dieses Ausspruches glaubten doch sowohl einzelne Männer als auch verschiedene Commissionen für die Anlage von Blitzschutzvorrichtungen auf Pulvermagazinen besondere Vorschriften geben zu müssen, beziehungsweise die Vorschläge der französischen Commission von 1823 empfehlen zu sollen. Nach letzteren soll es bei Pulvermagazinen der Vorsicht gemäss sein, die Auffangstangen nicht auf den Gebäuden selbst, sondern auf Mastbäumen, die 2 bis 3 Meter entfernt sind, zu befestigen. Die Spitzen der Blitzableiter an den Masten müssen hierbei das Gebäude um mindestens 4 bis 5 Meter überragen. Für höhere Pulverthürme

mit geringer Flächenausdehnung, bei welchen die Anwendung von Masten nicht gut ausführbar erscheint, schlug die Commission sogar vor, die Auffangstangen ganz wegzulassen und statt dieser vielmehr eine kupferne Kugel anzubringen, „von welcher doppelte Leitungen ausgehen können, weil dann die Gefahr nicht zu befürchten sei, dass der Ableiter den Blitz anziehe". Kuhn[1]) bemerkt hierzu mit Recht, dass er das Anbringen von kugelförmigen Conductoren statt der Auffangstangen an Pulverthürmen für ein gefährliches Experiment halten muss.

Aber auch die Aufstellung von Masten ist aus verschiedenen Gründen nicht zu empfehlen. Zunächst könnte sie überhaupt nur dann in Betracht gezogen werden, wenn das zu schützende Gebäude keinerlei Schornsteine, Windfänge, überhaupt keine Bestandtheile besitzt, die über das Dach emporragen; dieses selbst müsste von jeder Art nennenswerther Metallmassen frei sein. Da ferner unsere Kenntnisse über den Schutzraum einer Fangstange sehr beschränkt sind, müssten die Gebäude mit einer grösseren Anzahl von Masten umgeben werden; diese selbst und die zwischen ihnen nothwendigen verbindenden Leitungen würden die freie Bewegung hemmen, bei Belagerungen der Zerstörung durch den Feind sehr stark exponirt sein. Endlich verursacht auch die gegen Wind und Wetter feste und sichere Aufstellung der Maste erhebliche Schwierigkeiten.

Daher haben schon Hemmer, Beccaria u. A. den Schutz durch getrennt vom Gebäude aufgestellte Maste verworfen. Beccaria hält es vielmehr für rath-

---

1) G. Karsten, Encyklopädie der Physik, XX, p. 213, Anm. 60.

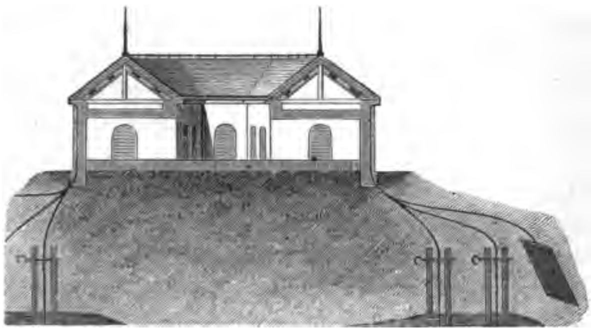
sam, von den Pulvermagazinen und namentlich von deren Dächern nach Möglichkeit alle metallischen Bestandtheile zu entfernen, die Mauern und Gewölbe bombenfest herzustellen und mit trockener Erde zu bedecken. Steht die Wahl des Ortes für das Magazin frei, so sollen möglichst tief gelegene Orte gewählt werden. In anderer Weise könne hingegen dadurch ein Blitzableiter für das ganze Gebäude geschaffen werden, dass man dasselbe mit Kupfer eindeckt, an den vier Ecken grosse kupferne Röhren anbringt und diese mit ihren unteren Enden durch grosse angenietete Kupferplatten mit der Erde in Verbindung setzt. Beccaria's zweiter Vorschlag läuft also eigentlich auf die Anwendung eines Faraday'schen Häuschens hinaus. In neuerer Zeit hat sich auch Thomson (auf dem Congresse der Elektriker zu Paris 1881) für einen derartigen Schutz ausgesprochen, indem er die Ansicht äusserte, jede Gefahr sei dadurch zu vermeiden, dass man das Pulver in metallische Gefässe einschliesst; der wahre Schutz der Gebäude bestünde darin, dass man dieselben vollständig mit Eisen umhülle. (Vergleiche auch Seite 29 u. f.).

Auch C. Kuhn gelangt zu der Ansicht, dass es zum Schutze von Pulvermagazinen und ähnlichen Objecten keiner speciellen Blitzschutzvorrichtungen bedarf, aber allerdings unter der Voraussetzung, dass die Anlage zwar in gewöhnlicher Weise entworfen, jedoch mit äusserster Sorgfalt und Genauigkeit ausgeführt wird und betont ausdrücklich, dass eine derartige Arbeit nur einem erprobten Fachmanne zu übertragen sei.

Ausserdem soll womöglich schon bei der Ausführung des Bauwerkes dafür gesorgt werden, dass das Regenwasser etc. nie in der Nähe des Gebäudes sich

ansammeln, keinesfalls solche Ansammlungen in den untersten Räumen desselben oder an seinen Fundamenten eintreten können; überhaupt soll der Boden, auf welchem das Gebäude steht, immer trocken erhalten bleiben. Die Leitungen sollen, wenn es thunlich ist, in den Mauern (Fig. 49) oder wenigstens in Rinnen, die an der äusseren Mauerwand aufgeführt werden, sich befinden. Grosse Sorgfalt ist der Anlegung der Bodenleitung zuzuwenden;

Fig. 49.



diese soll nie einfach, sondern mehrfach verzweigt sein und ausschliesslich für den Blitzableiter des Pulvermagazines dienen.

3. Blitzschutz für Kirchen.

Bedingen Pulvermagazine ihres gefährlichen Inhaltes wegen besondere Sorgfalt bei der Anlage von Blitzschutzvorrichtungen, so stellen Kirchen diese Anforderung theils wegen ihrer häufig sehr exponirten Lage, theils wegen ihrer hoch in die Luft ragenden Thürme. Letztere sind es daher auch, welche in erster Linie in Betracht kommen; in welcher Weise ihre Be-

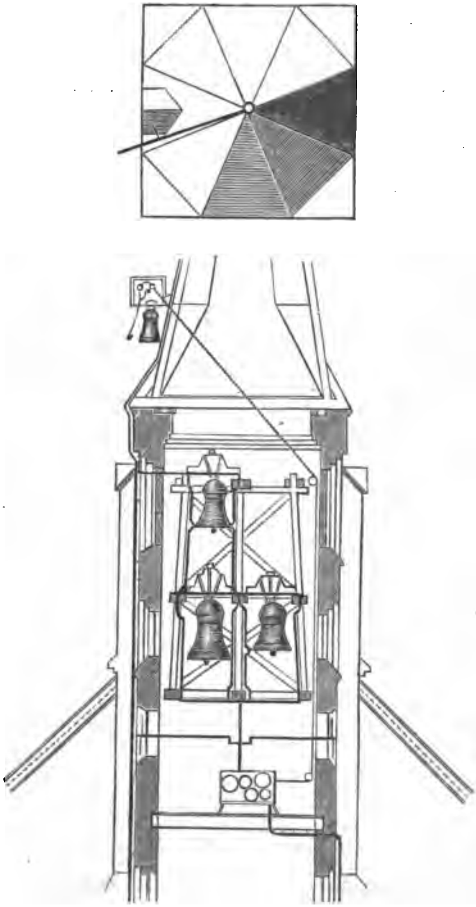
waffnung mit einer Fangstange oder Spitze erfolgt, haben wir bereits erfahren (Seite 90 u. f.). Dem ist noch ergänzend Einiges beizufügen. Die Ableitung, deren Stärke nach Massgabe ihrer Länge (vergl. S. 105) zu wählen ist, hat stets direct in die Erde zu erfolgen; erscheint es geboten, andere Theile, z. B. das Kirchenschiff in die Blitzableiteranlage einzubeziehen, so müssen Nebenleitungen angeordnet werden. Im Allgemeinen kann der Blitzableiter auf dem Thurme als hinlänglicher Schutz auch für die Kirche angesehen werden, wenn diese ein einfaches Schiff bildet, dessen Länge die Höhe des Thurmes über der Dachfirst nicht übersteigt.

Da die Thurmleitung stets direct in die Erde zu führen ist, wird auch für kleine Kirchen eine Erdleitung nicht mehr ausreichen, sobald auf der dem Thurme gegenüberliegenden Seite des Kirchenschiffes ein besonderer Anziehungspunkt, also z. B. eine grössere Wassermasse vorhanden ist. In diesem Falle versieht man dann das Schiff mit einer Firstleitung, die einerseits mit der zur Wassermasse geführten Erdleitung verbunden ist, andererseits sich an die Thurmleitung, am Zusammenstosspunkte der Dachfirst mit dem Thurme anschliesst. Einem Thurme zwei Ableitungen zu geben, ist überflüssig. Hingegen muss bei einer Kirche mit zwei Thürmen stets jeder Thurm einen eigenen Blitzableiter erhalten.

Das Kirchenschiff erhält eine oder mehrere Fangstangen entsprechend seiner Form und Grösse. Für die Aufstellung der Fangstangen kommen hierbei namentlich kleine Thürmchen, die sogenannten Dachreiter in Betracht, die stets eine Spitze erhalten sollen. Besondere Vorsicht ist der Einschaltung der oft in grösserer

Masse oder in einer Art metallischer Kette vorhandenen Metallmassen wie eiserne Anker, Schliesseisen, Treppen

Fig. 50.



und Treppengeländer, Drahtseile, die Glocken und das Uhrwerk u. s. w. zuzuwenden. Es sind namentlich

bei Kirchen viele Fälle bekannt geworden, wo der Blitz von im Uebrigen ganz zweckmässig angelegten Blitzableitern absprang, weil er durch unberücksichtigt gebliebene Metallmassen eine bessere Ableitung fand. Beschädigungen an den Glocken und am Uhrwerke kommen bei Blitzschlägen besonders häufig vor, weshalb die Einbeziehung der genannten Bestandtheile wohl in den meisten Fällen zu verlangen ist. Wie dies geschehen kann, zeigt die Skizze, Fig. 50, einer an mehreren Kirchen bereits ausgeführten Leitung,[1] bei welcher die obere Leitung in zwei sich spaltenden Zweigen, deren einer um Glocken und Uhr geht, zum Boden hinabgeführt ist.

In ähnlicher Weise wie bei Kirchthürmen hat man natürlich auch bei Thürmen anderer Art vorzugehen. Leuchtthürme sind wegen der Nähe des Meeres, wodurch sehr bedeutende Entladungen veranlasst werden können, mit stärkeren Leitungen zu versehen. Melsens verbindet z. B. die ganz aus Metall construirte Laterne des Leuchtthurmes (von Ostende) mit acht Leitungen aus verzinktem Eisen und giebt jeder derselben einen Durchmesser von 10 Millimeter; überdies werden diese acht Leitungen untereinander durch mehrere gürtelförmige Leitungen zu einem metallischen Ganzen vereinigt.

4. Blitzableiter auf Fabriksschornsteinen und Windmühlen.

Aehnliche Verhältnisse wie Thürme überhaupt bieten hohe Fabriksschornsteine und Windmühlen

---

[1] G. Karsten, Gemeinfassliche Bemerkungen über die Elektricität des Gewitters und die Wirkung der Blitzableiter, p. 46.

der Anlage von Blitzableitern dar. Fabriksschornsteine bilden nicht nur durch ihre Höhe, sondern auch in Folge ihrer inneren Auskleidung durch den halbleitenden Russ und die ausströmenden Feuergase besondere Anziehungspunkte für den Blitz. Hat man es mit eisernen Kaminen zu thun, so ist die Blitzschutzvorrichtung in sehr einfacher Weise zu bewerkstelligen. Auf dem oberen Ende wird eine Fangstange von geringer Länge aufgesetzt und das untere Ende des Schornsteines mit der Erde in gut leitende Verbindung gebracht.

Fig. 51.

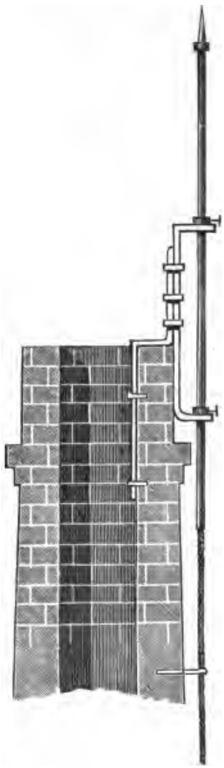


Gemauerte Schornsteine pflegt man oben mit Eisenplatten abzudecken. Auf diesen erfolgt dann häufig die Befestigung der Fangstange durch drei mit den Platten, beziehungweise mit der Fangstange verschraubten oder vernieteten Stützen aus Walzeisen, wie dies Fig. 51 zeigt. Die Leiung ist dann entweder direct mit der Fangstange oder auch mit einer der den Schornstein abdeckenden Platten verbunden und längs des Schornsteines zur Erde herabgeführt. Die Leitung muss bei Schornsteinen gleichwie bei Thürmen eine Hauptleitung sein, d. h. bei genügender Stärke direct zur Erde führen.

Diese häufig beliebte Aufstellung des Blitzableiters ist jedoch ganz verwerflich, da sie sowohl die Spitze als auch die Verbindungen der ständigen Einwirkung der Feuergase aussetzt und dadurch deren baldige Zer-

störung herbeiführt; diese wird noch mehr beschleunigt, wenn der Schornstein, wie dies bei Fabriken häufig der Fall ist, nicht nur Feuergase ableitet, sondern auch noch zur Entfernung anderer Gase und Dämpfe (Schwefeldioxyd, Chlorwasserstoff, Ammoniak u. s. w.) verwendet wird. Aus diesen Gründen kann daher nur eine seitliche Aufstellung und Befestigung der Fangstange gebilligt werden, wie eine solche z. B. in Fig. 34, Seite 129, für kleine und in Fig. 52 [1]) für grosse Schornsteine abgebildet ist. Aus demselben Grunde ist auch die Seite des Schornsteines, auf welcher die Stange befestigt wird, nicht gleichgiltig; man hat vielmehr hierzu jene Seite zu wählen, welche der vorherrschenden Windrichtung des betreffenden Ortes am meisten ausgesetzt ist, also in unseren Gegenden gewöhnlich die Westseite, weil dann die Gichtgase selten über die Fangstange streichen werden.

Fig. 52.

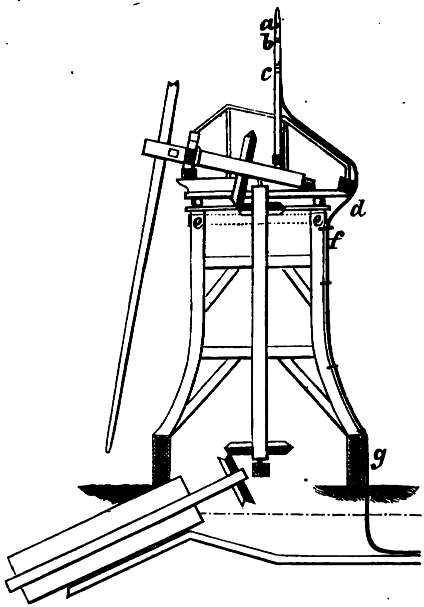


Fangstangen auf Essen, welche nicht nur indifferente Verbrennungsgase aushauchen, versieht man zweckmässig noch mit einer Schutzhülle; es kann hierzu ein Blei-, Thon- oder Glasrohr Verwendung finden. Für die

[1]) O. Buchner, Die Construction und Anlegung der Blitzableiter, p. 112.

Leitung wird in vielen Fällen verzinktes Eisen dem Kupfer vorzuziehen sein, da letzteres unter der ständigen Einwirkung ammoniakalischer Dämpfe (wie sie in Gichtgasen häufig vorkommen) rasch zerstört wird. Um der Continuität der Leitung von der Spitze bis zur Erde stets versichert zu sein, kann die Leitung an der Erde

Fig. 53.



durch eine Schraube leicht angezogen sein, so dass sie herunterfällt oder schlaff hängt, sobald an irgend einer Stelle eine Unterbrechung eintritt.

Die Aufstellung von Blitzableitern auf Windmühlen bietet insoferne eine besondere Schwierigkeit dar, als der obere Theil der Windmühle, die Kappe,

drehbar ist. Die Anlage kann hier im Wesentlichen nach zweierlei Methoden ausgeführt werden: Man errichtet entweder auf der Kappe eine Fangstange und sorgt von dieser aus für eine entsprechende Ableitung zur Erde oder man versieht jeden der beweglichen Arme an seinem freien Ende mit einer Spitze und verbindet die Spitzen sämmtlicher Flügel mit der Ableitung.

Die Anlage eines Blitzableiters erster Art erfolgt nach Buchner's[1]) Angabe in nachstehender Weise: Um den obersten Theil der feststehenden Mühle wird ein genau kreisförmiger starker Kupferring *ee*, Fig. 53, angelegt, auf welchem die bei *d* unten breitgeschmiedete Fortsetzung der an einem Mast mit Ringen *abc* befestigten Auffangstange beim Umdrehen schleift. Auf dem obersten breiten Theil der weiteren in den Boden führenden Leitung schleift die Unterseite von *d* und kann so eine directe Verbindung zwischen Spitze und Boden hergestellt werden.

Da die Stange so hoch genommen werden muss, dass sie die Flügel erheblich überragt, ist ihre Befestigung mit Schwierigkeiten verbunden. Man vermeidet dieselben durch Anwendung der zweiten Methode. Bei dieser sind die auf den einzelnen Flügeln befestigten Spitzen mit Leitungen versehen, welche zu einem Ringe führen, der auf der Flügelachse schleift; von hier aus kann dann die Ableitung in der früher angegebenen Weise erfolgen. Es ist selbstverständlich, dass in der Mühle vorhandene eiserne Wellen, Räder und dergleichen mit dem Blitzableiter in Verbindung zu setzen sind.

---

[1]) O. Buchner, l. c. p. 114.

5. Blitzschutz für Schiffe.

Es kann nicht wundernehmen, wenn jene Fälle, in welchen Schiffe vom Blitze getroffen werden, besonders häufig sind. Die Spitzen ihrer Maste bieten im weiten Umkreise die einzigen über dem Wasser mehr oder weniger hoch gelegenen Punkte. Dazu kommt noch, dass das Meerwasser als weitaus besserer Elektricitätsleiter wie die Erde der Influenzwirkung der Wolken auch in weitaus höherem Grade ausgesetzt ist als diese. Hier kommen in einem Blitzstrahle daher auch die Elektricitäten viel grösserer Flächen zur Ausgleichung. Statistische Zusammenstellungen lassen auch in der That ganz unzweifelhaft erkennen, in welch hohem Grade die Schiffe der Blitzgefahr ausgesetzt sind. So hat der um den Blitzschutz der Schiffe hochverdiente englische Forscher Harris eine Documentensammlung veröffentlicht, welche 280 officiell beglaubigte Blitzschläge auf Schiffen der englischen Marine enthält. Um die Grösse der hierdurch verursachten Schäden zu charakterisiren, möge hier nur erwähnt werden, dass die der englischen Marineverwaltung allein während Kriegszeiten durch Blitzschläge verursachten Verluste jährlich 10.000 Pfund Sterling betrugen, während gleichzeitig zahlreiche Menschenleben zum Opfer fielen.

Es haben daher bereits Franklin und ebenso Divisch auf die Nothwendigkeit hingewiesen, die Schiffe mit ausreichenden Blitzschutzvorrichtungen auszurüsten. Man begnügte sich anfangs damit, die Masten mit Auffangstangen zu versehen und die Leitung, welche die Verbindung zwischen diesen und dem Meere zu bewirken hat, von Fall zu Fall, d. h. so oft ein Gewitter im Anzuge war, herzustellen. Sobald die Gefahr vorüber war,

wurde die Leitung wieder abgenommen und in einer Kiste aufbewahrt. Diese Einrichtung, also die Anwendung beweglicher Blitzableiter, erwies sich aber als unpraktisch. Bei dem oft plötzlichen Losbrechen eines Gewitters ist das Aufbringen der Ableitung für die betreffenden Personen mit grosser Gefahr verbunden. Es kann auf die Herstellung der Verbindung, welche überdies auch das Manövriren erschwert, überhaupt vergessen werden. Auch wird die wünschenswerthe Continuität der unter schwierigen Umständen (Sturm) von Fall zu Fall herzustellenden Verbindung sehr in Frage gestellt. Dass, wie dies anfänglich nicht selten der Fall war, die Anwendung von Ketten, (ähnlich den Messketten der Ingenieure) als Leitung unter allen Umständen verwerflich erscheint, bedarf wohl kaum der Erwähnung. Es mag hierüber nur nebenbei bemerkt werden, dass derartige Ketten wenn sie vom Blitze getroffen wurden, den Blitzstrahl zwar ohne nennenswerthe Beschädigung des Schiffes ableiteten, selbst aber der grossen Widerstände an den Berührungsstellen der Kettenglieder wegen regelmässig in kleine Stücke zerrissen und zerschmolzen wurden; eine Kette ist daher im günstigsten Falle nur eine Blitzentladung abzuleiten im Stande.

Schon die erste französische Commission (1824) erkannte diese verschiedenen Uebelstände und suchte sie durch Angabe entsprechender Vorschriften für die Herstellung von Blitzschutzvorrichtungen zu beseitigen. Die kettenförmigen Leiter wurden unbedingt verworfen und an deren Stelle Drahtseile anempfohlen. Diese sollten in einer von der Commission näher angegebenen Weise mit der Fangspitze einerseits und dem Schiffsbeschlage andererseits verbunden werden. Für kleinere Schiffe

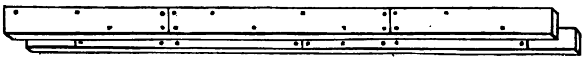
genüge die Armirung des Hauptmastes mit einem solchen Blitzableiter, während bei grösseren Schiffen auch der Fockmast einen solchen erhalten müsse.

Eine neuere französische Commission (1855) empfahl für die Leitung ausschliesslich Rothkupfer, wahrscheinlich um hierdurch die Anwendung von Messingdrahtseilen auszuschliessen, da Messing in besonders hohem Grade die Eigenschaft besitzt, durch kräftige elektrische Entladungsschläge zersplittert zu werden. Diese Commission gab auch, was die vorige versäumt hatte, nachstehende Dimensionen für die Leitungen an. Das Kupferdrahtseil hat aus Einzeldrähten in der Stärke von 1 bis 1·5 Millimeter zu bestehen und muss aus diesen derart gefertigt werden, dass 100 Meter Drahtseil 90 Kilogramm wiegen. Für die mit der Leitung durch Zinnloth sicher zu verbindende Auffangstange genügt eine Höhe von einigen Decimetern. Das untere Ende der Leitung ist mit dem Schiffsbeschlage in permanente Verbindung zu setzen.

Als man die Schiffe mit beweglichen Blitzableitern ausrüstete, liess man sich von dem Gedanken leiten, durch Anlage des Blitzableiters dürfe keine Erschwerung der Schiffsmanöver bewirkt werden und umgekehrt durch diese nicht der Blitzableiter unwirksam gemacht werden. Diesen Anforderungen wurde, wie wir erfahren haben, durch die beweglichen Blitzableiter nicht entsprochen. Den angestrebten Zweck erreichte erst Snow Harris durch langjährige vorzügliche Arbeiten. Ihm gelang eine derartige Anordnung des Blitzableiters, dass dieser stets in fester Verbindung mit dem Schiffe bleibt, weder die Bewegung eines Theiles des Mastes auf einem anderen hindert, noch unbrauchbar wird, wenn ein Theil des Mastes durch Unfall oder absichtlich entfernt wird.

Harris ging bei der Construction seines Blitzableiters, der im Uebrigen entsprechend den gewöhnlichen Regeln hergestellt wird, von dem Grundsatze aus, dem Blitze möglichst grosse Oberflächen bei möglichst geringem

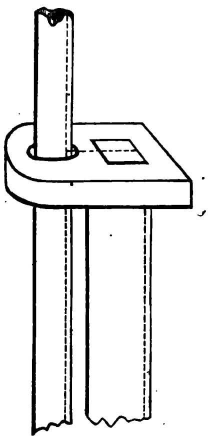
Fig. 54.



Widerstande des Leiters darzubieten. C. Kuhn beschreibt diesen Blitzableiter in nachstehender Weise.[1])

„Die Leitung besteht aus Streifen von Kupferblech von etwa 4 (engl.) Fuss Länge, von welchen immer zwei zusammengenietet werden und wobei im Allgemeinen der äussere $1/_8$ Zoll, der innere Streifen $1/_{16}$ Zoll dick ist, zuweilen aber jeder die eine oder die andere Dicke hat. Ihre Breite beträgt bei den Hauptmasten 4 bis 5 Zoll, bei den Nebenmasten 3 Zoll und an den Spieren $1\,1/_2$ bis 2 Zoll. Die Platten werden so zusammengenietet, dass sie einen langen, continuirlich angeordneten Streifen (Fig. 54) bilden. Dieser Conductor wird unter den Kanten einer Furche angebracht, welche an der hinteren Seite der Maste nach der Länge der der letzteren ausgehöhlt wird, und in dieser Anordnung durch kupferne Nägel befestigt. (In Fig. 55 bedeuten die gestrichelten Linien die Richtung der Leitung.) Auf

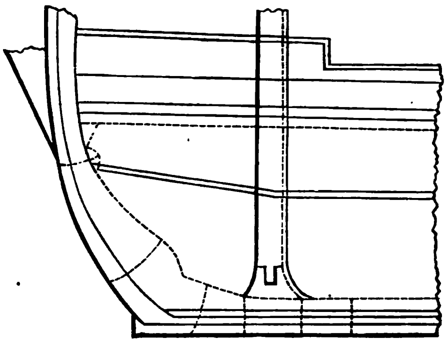
Fig. 55.



[1]) G. Karsten, Encyklopädie der Physik, XX, p. 172.

der Spitze der Masten ist eine Kupferhaube angebracht, an der ein Kupferstab um ein Charnier beweglich ist und gegen die Leitung sich lehnt. Die Leitung ist von der Spitze des Mastes längs der hinteren Seiten des Königsmastes und der Bramstange herabgeführt und steht hierbei mit den Scheibenlöchern in Verbindung. Durch einen kupfernen Streifen an der hinteren Seite des Cap, durch welches der Topmast gleitet, wird die Verbindung an die hintere Seite des Topmastes und

Fig. 56.



von da ab bis zum Mastblocke geführt. Hier trifft die Leitung mit einem weiteren dicken, breiten kupfernen Streifen zusammen, welcher unter der Ferse des Mastes (Fig. 56) um den Mastblock geht und auf einer an der Kielschwinne befestigten Kupferschichte ruht. Diese steht mit einigen der Kielschwinnebolzen und mit anderen Bolzen in Verbindung, die mit dem den Boden umkleidenden Kupfer in Berührung stehen."

Das bereits erwähnte, von Harris befolgte Constructionsprincip, die Anwendung grosser Metallmassen bei grosser Oberfläche, erfordert allerdings einen bedeutenden

Kostenaufwand. Hingegen haben sich aber die nach Angabe von Harris mit Blitzableitern versehenen Schiffe in zahlreichen amtlich beglaubigten Fällen als vollkommen sicher gegen Blitzgefahr erwiesen. Auch können die von Harris geforderten Dimensionen, unbeschadet der Wirksamkeit der Anlage, noch eine gewisse Reduction erfahren. Ferner steht andererseits der Schaden, welcher Schiffen ohne ausreichender Schutzvorrichtung zugefügt wird, noch immer in keinem Verhältnisse zu den Kosten einer Anlage nach Harris. So erwähnt z. B. Arago, dass der grosse Untermast einer Fregatte circa 1300 Thaler, der grosse Untermast eines Linienschiffes circa 2700 Thaler koste. — C. Kuhn theilt (l. c.) mit, dass bei 150 Blitzschlägen 100 Matrosen getödtet, 250 gefährlich verwundet wurden. In dem kurzen Zeitraume von fünf Jahren sind 40 Linienschiffe, 20 Fregatten und 10 Corvetten der englischen Marine durch Blitzereignisse kriegsunfähig geworden. Es mag schliesslich noch bemerkt werden, dass die Anlage von Blitzableitern in der Weise mehr und mehr erleichtert wird, als in neuerer Zeit eiserne Schiffe die hölzernen verdrängen.

6. Blitzableiter für Telegraphen- und Telephonleitungen.

Im selben Masse, als die Dichte des die Erde umspannenden Telegraphen- und Telephonnetzes zunimmt, steigt auch die Blitzgefahr für dasselbe. „Die Drahtleitungen mit den Tragpfählen bilden," sagt Steinheil[1])

[1]) H. Schellen, Der elektromagnetische Telegraph, V. Aufl. p. 796.

sehr treffend, „Blitzableiter von kolossalen Dimensionen und von vorzüglicher Wirksamkeit, weil dieses System in einer gewissen Höhe über der Erdoberfläche sich auf weiten Strecken, fern von anderen hervorragenden Körpern, ausbreitet und durch seine metallische Verbindung mit der feuchten Erde unter dem Einflusse irgend einer in der Nähe der Leitung befindlichen elektrischen Wolke sich sehr leicht mit der entgegengesetzten Elektricität bis zur höchsten Spannung laden kann. In diesem Zustande sind, wenn die Gewitterwolke tief genug hängt, alle Bedingungen zu einer Entladung gegen den Telegraphendraht hin vorhanden."

Es ist nicht schwer einzusehen, dass hierbei die Telegraphendrähte die ihnen aufgezwungene Rolle von Blitzableitern auf ihre eigene Gefahr hin spielen müssen. Wie in jedem anderen Leiter, so wird der Blitz auch in den Telegraphenleitungen überall dort Zerstörungen anrichten, wo seinem Durchgange ein zu grosser Widerstand entgegengesetzt wird. Die hierdurch bewirkten Gefahren und Beschädigungen gewinnen aber durch den Umstand noch wesentlich an Bedeutung, dass die Telegraphendrähte Strecken von vielen Meilen Länge durchlaufen und durch diesen Umstand die angedeuteten Gefahren an Orten herbeiführen können, die weit von einander oder von jenem Orte entfernt sein können, an welchem ein Gewitter stattfindet.

Die hier herrschenden Umstände würden unseren gegenwärtigen kolossalen Telegraphenbetrieb ganz unmöglich machen, wenn man nicht durch entsprechende Blitzschutzvorrichtungen den angedeuteten Gefahren zu begegnen gesucht hätte. Dass trotzdem alljährlich bedeutende Schäden zu verzeichnen sind, zeigen die

namentlich in neuerer Zeit von vielen Staaten mit grosser Sorgfalt gesammelten statistischen Ausweise. Auf diese selbst und speciell auf die Arten der Beschädigungen hier näher einzugehen, mangelt uns der Raum; den sich für diesen Gegenstand eingehender interessirenden Leser verweisen wir vielmehr auf die betreffenden Fachzeitschriften.

Bevor wir uns jedoch den einzelnen Blitzschutzvorrichtungen selbst zuwenden, mögen die Arten, in welchen die Gewitterelektricität sich auf die Telegraphen- und Telephonleitungen geltend machen kann, kurz skizzirt werden.

Die Gewitterwolke kann zunächst in der Weise wirken, dass sie durch Influenz eine sehr hohe Spannung auf den Drähten und der mit ihnen in vielfacher Verbindung stehenden Erde hervorruft. Schwebt dann die Gewitterwolke tief genug oder wird sie von den entgegengesetzt elektrischen Drahtleitungen, beziehungsweise von der Erde herabgezogen, so werden sich schliesslich beide Elektricitäten bei hinreichender Spannung unter Durchbrechung der zwischenliegenden Luftschichte vereinigen, d. h. es erfolgt ein Blitzschlag zwischen den Wolken und den Drahtleitungen. Von der Stärke der Entladung und von der Leitungsfähigkeit der Drähte wird es dann abhängen, ob und welcher Schaden entsteht. Die Drähte können hierbei zerrissen, geschmolzen oder zerstäubt werden, dasselbe kann mit den Isolatoren geschehen, die Elektricität kann durch die vom Regen durchnässten Holzpfähle theilweise oder ganz zur Erde abfliessen und dabei erstere zertrümmern, sie kann aber auch, ohne die Leitungen wesentlich zu beschädigen, auf diesen weite Strecken zurücklegen und

in die Telegraphenstationen eindringen; je nach der Stärke der Entladung können dann daselbst grössere oder geringere Verwüstungen angerichtet werden.

Sehr gefährliche elektrische Entladungen können aber auch durch den sogenannten Rückschlag in den Leitungsdrähten hervorgerufen werden. Bevor nämlich der Blitzschlag zwischen der Wolke und irgend einem Objecte auf der Erdoberfläche stattfindet, wirkt die hochgespannte Elektricität vertheilend auf die Leitungen und trennt daselbst beide Elektricitäten von einander. Erfolgt hierauf der Blitzschlag, so vereinigen sich auch die beiden von einander getrennten Elektricitäten und der Ausgleich erfolgt innerhalb der Leitungen. Die Folgen eines solchen Rückschlages, der wegen der grossen Ausdehnung und der Verbindungen der Leitungen mit der Erde sehr leicht eintreten kann, werden dieselben sein wie die eines directen Blitzschlages.

Eine Störung des elektrischen Gleichgewichtszustandes kann aber auch dadurch hervorgerufen werden, dass eine Gewitterwolke quer über die Leitungen hinwegzieht. In Folge der von der Wolke ausgeübten Influenzwirkung wird die ungleichnamige Elektricität in den Drähten von der Elektricität der Wolke angezogen und festgehalten, während die gleichnamige durch die Leitung zur Erde abfliesst. Entfernt sich dann die Wolke von den Leitungen, so hört die Anziehungswirkung auf und nun fliesst die ungleichnamige Elektricität durch die Drähte zur Erde ab. In dieser Weise werden also zwei aufeinanderfolgende entgegengesetzt gerichtete Ströme in der Leitung auftreten.

Elektrische Ströme können aber selbst dann, wie Baumgartner nachgewiesen hat, auftreten, wenn gar

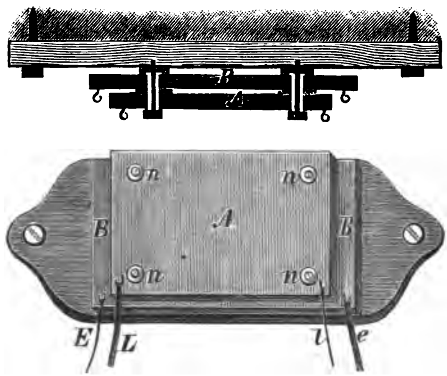
keine Gewitterwolke auf die Leitungen einwirkt. Es genügen hierzu verschiedene elektrische Zustände in der Atmosphäre zweier weit von einander entfernter Punkte der Leitungen. Elektrische Störungen, auf diese Art bewirkt, treten namentlich dann leicht ein, wenn die Leitungen nicht horizontal verlaufen, sondern Berg und Thal verbinden, da ja bekanntlich der elektrische Zustand der Atmosphäre sich mit der Höhe ändert. Auch hierdurch erregte Strömungen können hinreichende Stärke erhalten, um den Telegraphenbetrieb zu stören.

Diese kurzen Andeutungen vorausgeschickt, wollen wir uns nunmehr den Blitzschutzvorrichtungen selbst zuwenden und einige derselben näher kennen lernen. Ströme hoher Spannung ziehen einer langen ununterbrochen metallischen Leitung kurze, wenngleich theilweise unterbrochene Leitungen vor, indem sie die Unterbrechungen in Form von Funken überspringen. Da nun in der Telegraphie Ströme geringer Spannung zur Anwendung gelangen, während die elektrischen Entladungen der Atmosphäre sich durch hohe Spannung auszeichnen, so kann das verschiedene Verhalten der atmosphärischen Elektricität und der Batterieströme dazu benützt werden, beide, wenngleich auf derselben Leitung anlangend, doch von einander zu trennen, d. h. die gefährlichen atmosphärischen Entladungen unschädlich abzuleiten, ohne hierbei die Telegraphenapparate einer Gefahr auszusetzen oder ihren Betrieb zu stören.

Von diesen Erwägungen geleitet, hat bereits **Steinheil** im Jahre 1846 auf der Linie München-Nannhofen einen Telegraphen-Blitzableiter angebracht. Derselbe bestand aus zwei Kupferplatten, die durch ein Stück Seidenzeug von einander getrennt waren; die eine Kupfer-

platte war mit der in der Station anlangenden Linienleitung und mit einem zu den Stationsapparaten führenden Drahte verbunden, von der anderen Platte aus ging die Linienleitung weiter, während gleichzeitig der aus den Stationsapparaten kommende Draht an diese Platte angeschlossen war. Somit konnte der durch die Linie anlangende Telegraphirstrom die Apparate in ununterbrochen metallischer Leitung passiren, die hochgespannte atmosphärische Elektricität, unter Vermeidung des Um-

Fig. 57.



weges über die Stationsapparate, das Seidenzeug in Funkenform durchschlagen und direct von Kupferplatte zu Kupferplatte die Leitung passiren. Nach Steinheil construirten bald darauf Bréguet, Fardely u. A. verbesserte Blitzableiter.

Wie aus vorstehender Beschreibung des Steinheilschen Blitzableiters ersichtlich, wurde die atmosphärische Elektricität nicht direct zur Erde abgeleitet, sondern nur mit Umgehung der Stationsapparate in die Leitung weiter befördert. Die später erdachten Blitzableiter wurden

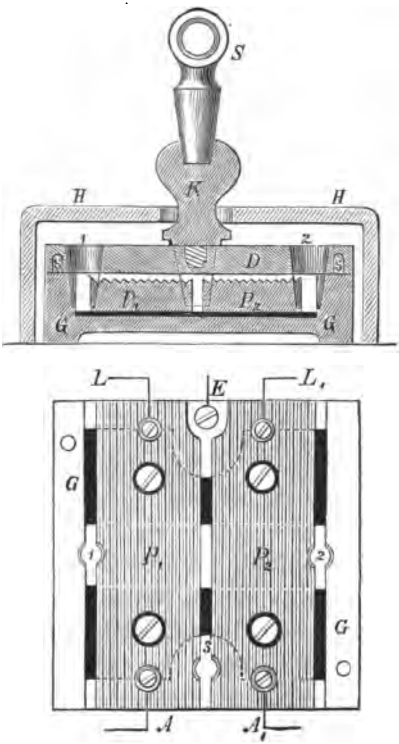
nunmehr alle dahin verbessert, dass man sie zur directen Ableitung der atmosphärischen Elektricität in die Erde befähigte. Diese Einrichtung zeigt bereits die von **Meissner** angegebene, in Fig. 57 dargestellte Blitzplatte. Die Linienleitung ist durch den Draht *L* mit einer 21 Centimeter langen, 10 Centimeter breiten und 1·5 Centimeter dicken Kupferplatte *A* verbunden und von dieser führt ein dünner Draht *l* zu den Telegraphenapparaten. Der aus letzteren kommende Draht ist bei *E* mit einer zweiten Kupferplatte *B* verbunden, von welcher ein starker Draht *e* zur Erdplatte geht. Beide Kupferplatten sind durch vier Schrauben *n n n n* mit dem Grundbrette verbunden, welches an einer Mauer des Telegraphenzimmers befestigt werden kann. Die Löcher in den Kupferplatten, durch welche die vier Schrauben *n n n n* gehen, sind mit Elfenbeinröhrchen ausgekleidet und das Zusammenfallen beider Kupferplatten verhindern etwa 0·25 Millimeter dicke Scheibchen aus Elfenbein oder Hartgummi; die beiden Kupferplatten sind also von einander isolirt.

Der durch *L* anlangende Telegraphirstrom geht in Folge dieser Construction in die Platte *A*, über diese durch den Draht *l* zu den Apparaten, gelangt dann durch den Draht *E* auf die Kupferplatte *B* und fliesst durch diese und die Leitung *e* zur Erde ab. Atmosphärische Entladungen nehmen hingegen ihrer hohen Spannung wegen folgenden kürzeren Weg: Bei *L* auf der Platte *A* anlangend, springen sie von dieser durch die dünne Luftschichte auf die Platte *B* über und fliessen durch *e* direct zur Erde ab.

Zu den gegenwärtig am verbreitetsten und zugleich sehr einfachen Blitzplatten gehören die der Firma

Siemens & Halske. Auf einem gusseisernen Grundgestelle *G G*, Fig 58, sind, durch eine Hartgummiplatte von ihrer Unterlage isolirt, zwei gleichfalls gusseiserne, an ihrer Oberfläche geriefte Platten P_1 P_2

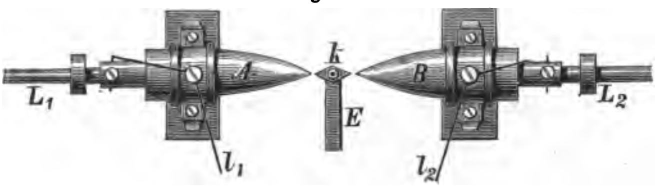
Fig. 58.



befestigt. Diesen gegenüber befindet sich die an ihrer unteren Fläche geriefte Gusseisenplatte *D*. Die Riefen der unteren Platten sind von jenen der Deckplatte ungefähr 0·5 Millimeter weit entfernt. Stahlzapfen *s s*

dienen zum sicheren Aufsetzen der Deckplatte auf das Grundgestelle; dieses und somit auch die Deckplatte stehen mit der Erdleitung *E* in Verbindung, während an die Platte P_1 eine Linienleitung *L* und eine Apparatenleitung *A* und an die Platte P_2 die andere Linien- und Apparatenleitung (L_1 und A_1) angeschlossen sind. Somit kann also z. B. der durch die Linienleitung ankommende Strom von L_1 über die Platte P_2 und durch A_1 zum Apparate gehen, von wo aus er zur Erde abfliesst, oder durch A_1 die Platte P_1 und die Leitung *L* zur nächsten Station weitergeht. Eine durch *L* anlangende Entladung atmosphärischer Elektricität

Fig. 59.



wird jedoch den kürzeren Weg wählen, d. h. von der Platte P_2 auf die Platte *D* überspringen und zur Erde abfliessen.[1])

Von den vorbeschriebenen Blitzplatten unterscheiden sich zwar nicht dem Principe, aber der Form nach die Spitzenblitzableiter. Ein solcher wurde z. B. von **Nottebohm** construirt. Zwischen den beiden Messingzapfen *A B*, Fig. 59, ist ein metallischer Doppelkonus *k* so befestigt, dass sich die vier Spitzen möglichst nahe gegenüberstehen, jedoch ohne sich zu berühren.

---

[1]) Der Stöpsel in dem Holzknopfe K und die Bohrungen 1, 2 und 3 dienen dazu, um die Blitzplatte gleichzeitig als Linienwechsel verwenden zu können.

Die beiden Messingzapfen sind mit den Linienleitungen L_1 L_2 — der Blitzableiter ist in eine Zwischenstation eingeschaltet gedacht — und durch die Drähte l_1 l_2 mit den Telegraphenapparaten verbunden. Von dem Doppelkegel k aus ist durch einen Kupferstreifen *E* die Verbindung mit der Erde hergestellt. Gelangt nun z. B. durch die Linie L_1 ein Telegraphirstrom in die Station, so geht dieser über den Messingzapfen *A* und die Leitung l_1 zum Apparate, von welchem aus er zur Erde abfliesst, wenn die Station als Endstation geschaltet ist, jedoch über l_2 und den Messingzapfen *B* in die Linienleitung L_2 übergeht, wenn die Station als Zwischenstation geschaltet ist. Ströme atmosphärischer Elektricität, welche durch die Linienleitung L_1 oder L_2 anlangen, werden bei jeder Schaltung der Station auf den Doppelkegel *k* überspringen und von hier durch den Kupferstreifen *E* direct zur Erde abfliessen.

Um auch jene schwachen Ströme atmosphärischer Elektricität von den Apparaten ferne zu halten, welche keine genügend hohe Spannung besitzen, um die Unterbrechungsstellen der Blitzableiter überspringen zu können, die aber immerhin das Sprechen erschweren, hat **L. Kohlfürst** dem Spitzenblitzableiter die in Fig. 60 dargestellte Form gegeben. Er beschreibt seinen z. B. auf der Buschtehrader Eisenbahn in Anwendung stehenden Blitzsteg in nachstehender Weise:[1])

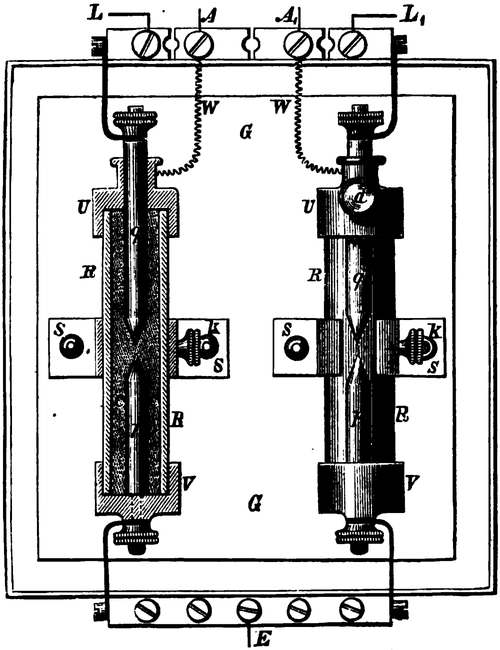
„Auf einem Fussbrette ist der aus zwei federnden Theilen zusammengesetzte Messingständer *S* aufgeschraubt, von welchem eine Glasröhre *R* festgehalten

---

[1]) L. Kohlfürst, Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Wien 1883, p. 42.

wird. Die beiden Enden dieser Rohre sind mit messingenen, gut aufgekitteten Verschlussstücken *V U* versehen. Ein in eine Platinspitze auslaufender Messingcylinder *p* ist mit dem Verschlussstücke *V* fest verbunden, ein zweiter, ganz ähnlicher Cylinder *q* geht durch das

Fig. 60.



Verschlussstück *U* in die Röhre und kann durch die Klemmschraube *d* an richtiger Stelle, die durch eine besondere Marke bezeichnet ist, festgeklemmt werden. Die beiden Platinspitzen stehen sich auf eine Entfernung von circa 0·75 Millimeter gegenüber. Der im Glasrohr noch vorhandene Raum, besonders jener

zwischen den beiden Platinspitzen, ist mit einem Gemenge von 50 Procent Holzkohlenpulver und 50 Procent Magnesia ausgefüllt. Die Luftlinie $L L_1$ schliesst mittelst eines dicken Drahtes direct zum Cylinder *q* an; die Weiterleitung zu den Bureau-Apparaten ist durch eine Spirale *W* von ganz dünnem übersponnenem Neusilberdrahte hergestellt. Der Cylinder *p* steht mit der Erdleitung *E* in Verbindung.

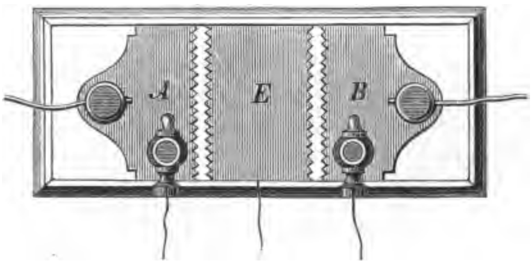
Die Füllung der Röhren mit dem obgedachten Gemenge hat den Zweck, jene Inductionsströme, welche in der Leitung nach und zufolge atmosphärischer Entladungen entstehen und nicht kräftig genug sind, um überzuspringen, auf die Bureau-Apparate aber nichtsdestoweniger schädigend einwirken, unschädlich zu machen. Der von der Luftlamelle zur Erdlamelle überspringende Entladungsfunke bringt das zwischen den Platinspitzen befindliche, im kalten Zustande schlecht oder wenigstens so schlecht leitende Gemenge, dass dadurch ein störender Verlust des Betriebsstromes nicht herbeigeführt wird, zum Glühen und macht es dadurch so leitungsfähig, dass der hinter der Entladung folgende Magnet-Inductionsstrom einen bequemen Weg zur Erde findet, ehe er in die Apparate dringen kann. Die fast momentan erkaltende Masse ist wieder so nicht leitend wie früher."

Die Ausfüllung der kleinen Zwischenräume zwischen den Spitzen oder Platten der Blitzableiter durch einen Halbleiter zu dem Zwecke, um den Funken den Uebergang zu erleichtern, wird übrigens von verschiedenen Constructeuren angewandt. So gelangt z. B. bei den Apparaten von Pouget und Masson Alkohol zur Verwendung, bei den in England vielfach gebrauchten

Blitzplatten eine Papierzwischenlage; das mit Paraffin getränkte Papier hat hierbei eine Dicke von 0·002 Zoll (englisch). Zu dieser Art Blitzableiter gehören ferner auch die Vacuum-Blitzableiter von Varley u. A.

Ein einfacher, in Frankreich häufig gebrauchter Apparat ist **Bréguet's** Spitzenblitzableiter. Dieser besteht, wie Fig. 61 erkennen lässt, aus drei Kupferlamellen, deren mittlere *E* an zwei Seiten sägeartig gezackt ist, während die seitlichen Lamellen *A B* nur an den der mittleren Lamelle zugekehrten Seiten gezahnt sind. Die drei Lamellen sind auf einem Grund-

Fig. 61.

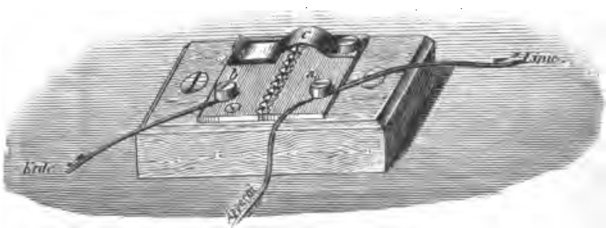


brette derart befestigt, dass sich deren Zähne, ohne sich zu berühren, möglichst nahe gegenüberstehen. An die seitlichen Lamellen sind mit Hilfe von Klemmschrauben in bekannter Weise die Linien- und Apparatenleitungen angeschlossen und von der mittleren Lamelle führt eine Leitung in die Erde. Die Wirkungsweise des Apparates, der gewissermassen eine Vervielfachung der Vorrichtung von Nottebohm darstellt, bedarf keiner näheren Erklärung.

Ganz ähnliche Apparate stehen bei dem Telephonnetze in Triest in Anwendung. Zwei Platten *a* und *b*,

Fig. 62, sind auf einer isolirenden Grundplatte befestigt und mit ihren gezahnten Rändern einander gegenübergestellt. An die Platte *a* sind die Linien- und die Apparatenleitung angeschlossen, die Platte *b* steht mit der Erde in leitender Verbindung. Die Telephonströme können also ungehindert zwischen der Linien- und Apparatenleitung übergehen, indess für den Blitz über die Zähne der Platten *a* und *b* ein directer Weg zur Erde offen steht. Dieser Weg wird ihm noch durch folgende Einrichtung erleichtert. Auf der Platte *a* ist

Fig. 62.



durch eine Schraube eine Feder *c* aus Neusilber befestigt, welche mit ihrem freien Ende gegen die Platte *b* drückt, von welcher sie aber durch ein zwischengelegtes Stück Seidenzeug isolirt ist. Gelangt aber eine Blitzentladung durch die Linienleitung auf die Platte *a* und also auch in die Feder *c*, so durchschlägt der Blitz das isolirende Seidenzeug und stellt dadurch eine directe metallische Verbindung zwischen der Linienleitung und der Erdleitung her.

Die principielle Frage, ob Spitzenblitzableiter oder Blitzplatten vortheilhafter seien, wurde wiederholt er-

örtert. Auch die französische Commission,[1]) welche im Jahre 1866 eingesetzt wurde und sich mit der Untersuchung und Verbesserung des Telegraphenleitungsmateriales zu beschäftigen hatte, unterzog diese Frage einer experimentellen Prüfung. Die elektrischen Entladungen wurden hierbei durch einen verzweigten Leiter der Erde zugeführt; in den einen Zweig war der zu untersuchende Blitzableiter, in den anderen ein Versuchsdraht eingeschaltet. (Vergl. S. 62.) Die Länge, auf welche der Versuchsdraht abbrannte, war dann abhängig von den Anordnungen des Stromkreises und der Wirksamkeit des Blitzableiters. Blieb also ersterer ungeändert, so gab die Abschmelzung des Versuchsdrahtes ein Mass für die Wirksamkeit des Blitzableiters. Ohne die Resultate,[2]) welche sich aus diesen Versuchen ergaben, alle an dieser Stelle wiederzugeben, möge nachstehend nur das Endergebniss Erwähnung finden.

Da die Rolle, welche ein Blitzableiter zu spielen hat, eine doppelte ist, nämlich einerseits kräftige elektrische Entladungen gefahrlos abzuleiten und andererseits elektrische Spannungen langsam zu vermindern, so bedarf ein Telegraphen-Blitzableiter sowohl der Spitzen als auch der Platten: die Platten gewähren Schutz gegen Blitzschläge, durch die Spitzen findet ein Ausgleich der atmosphärischen elektrischen Spannungen statt.

Eine derartige Vereinigung von Spitzen- und Plattenblitzableitern suchte **Kerckhof** durch den in Fig. 63 im Schnitte dargestellten Apparat zu erreichen. Auf der

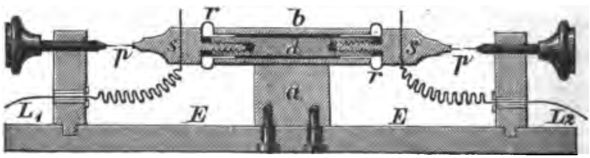
---

[1]) Dieser Commission gehörten an: Regnault d'Epercy, Leblanc, Gaugain, Guillemin, Du Moncel, Gavarret, Bertch, A. Guyot, Blerzy, Hardy und Hughes.

[2]) La lumière électrique, T. II, p. 393.

mit der Erde in leitende Verbindung gesetzten Zinkplatte *E* ist ein Messingstück *a* befestigt, welches oben eine cylindrische Bohrung zur Aufnahme des Messingcylinders *b* besitzt. In diesem Hohlcylinder steckt ein massiver Cylinder *d*, gleichfalls aus Messing, an dessen Stirnseiten Gewinde zur Befestigung der Schrauben *s s* eingeschnitten sind. Letztere und die Elfenbeinröhrchen *r r* halten den massiven Cylinder *d* derart schwebend im Cylinder *b*, dass ersterer von letzterem rund um 0·5 Millimeter weit entfernt ist. An die Schrauben *s*, welche bei *p p* mit Spitzen versehen und welchen daselbst Spitzen entgegengestellt sind, werden die Leitungen L_1 L_2 angeschlossen.

Fig. 63.



Die Telegraphirströme, welche z. B. durch L_1 anlangen, gehen durch den die beiden Schrauben *s s* verbindenden Messingcylinder *d* und die Leitung L_2 zu den Apparaten. Den atmosphärischen elektrischen Strömen stehen zwei kürzere Wege zur Erde offen, nämlich von dem massiven Cylinder *d* durch die 0·5 Millimeter dicke Luftschichte zu dem Hohlcylinder *b* und von hier durch *a* und die Zinkplatte zur Erde, oder von *d* durch die Schrauben *s s* und die Spitzen bei *p p* zur Zinkplatte und zur Erde. Dass die Elektricität von dem massiven Cylinder *d* auf den Hohlcylinder *b* wirklich continuirlich und nicht in Funkenform überspringt, hat man sich durch häufige Untersuchungen nach stattgehabter Entladung

überzeugt, da sich hierbei nie Spuren von Abbrennen oder Schmelzungen im Cylinder zeigten.

Die verschiedenen Blitzableiter haben sich zwar als ausreichend für den Schutz der Apparate erwiesen, üben aber diesen Schutz nicht selten in der Weise aus, dass sie den Telegraphen- oder Telephonbetrieb zeitweilig stören; bei starken Entladungen werden nämlich die Spitzen oder Zähne häufig geschmolzen und das geschmolzene Metall bewirkt dann einen kurzen Schluss, indem es die Linienleitung metallisch mit der Erdplatte verbindet. In grösseren Stationen, in welchen ein geschultes Personale zur Verfügung steht, wird dieser Uebelstand allerdings nicht fühlbar werden, weil er rasch behoben werden kann. Dies ist aber nicht mehr der Fall auf kleinen Eisenbahnstationen oder auf Streckenblock- oder Streckensignalposten, wo kein mit den nöthigen Kenntnissen der Apparatconstructionen ausgerüstetes Personal zur Verwendung kommen kann. Hier ist es wünschenswerth, Blitzableiter zu besitzen, welche ohne Betriebsstörungen die Apparate zu schützen vermögen. Die Lösung dieser Aufgabe gelang F. R. Ulbricht durch die Construction seines **Kohleblitzableiters.**

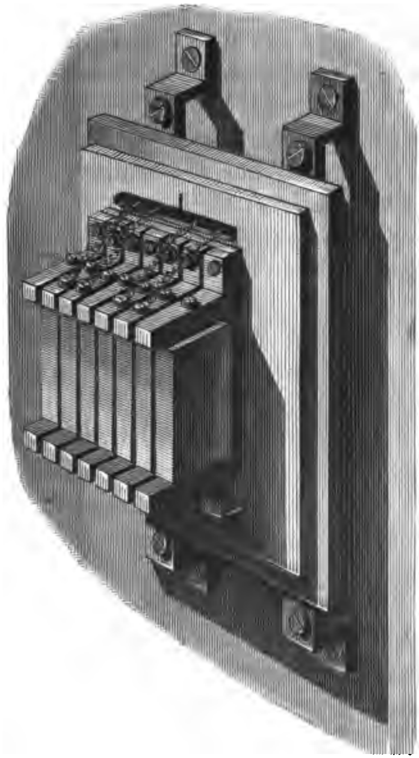
Die Form, in welcher der Kohleblitzableiter nach seinen Angaben[1]) ausgeführt wird, ist in Fig. 64 dargestellt. Jede Kohlenplatte, aus feinkörniger, fester Retortenkohle geschnitten und sorgfältig geschliffen, wird durch einen Metallbügel gehalten, welcher von dem an der Wand zu befestigenden metallenen Untergestelle durch eine Hartgummieinlage getrennt ist. Zur einmaligen

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin), VI (1885), p. 343.

Justirung des Apparates werden zwischen die gelockerten Kohlenplatten Kartenblätter von etwa 0·25 Millimeter Stärke geschoben, die Platten hierauf zusammengerückt, durch Anziehen der Klemmschrauben festgestellt und

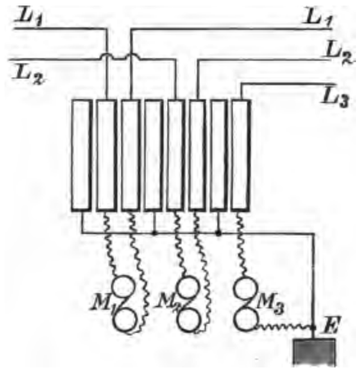
Fig. 64.



nun die Kartenblätter herausgezogen. Die gegenseitige Lage der Theile bleibt hiernach, im gewöhnlichen Sinne genommen, unveränderlich. Die Anordnung der Platten ist so getroffen, dass auf je eine Erdlamelle zwei zu

einem Telegraphenapparate gehörige Leitungslamellen folgen, woran sich wiederum eine Erdlamelle u. s. w. schliesst, wie dies die Schaltungsskizze Fig. 65 zeigt. Hierdurch wird der Vortheil erreicht, dass jeder Entladungstheil, nicht nur der zur Erde gehende, sondern auch der aus dem einen Leitungszweig in den anderen überschlagende stets nur einen Luftzwischenraum zu passiren hat. Der ganze Blitzableiter wird durch einen an das Untergestell gut anschliessenden Schutzkasten vor Staub geschützt.

Fig. 65.



Ulbricht hat die Verwendbarkeit seines Blitzableiters auch experimentell geprüft. Zu diesem Behufe wurden zunächst in den Schliessungskreis eines Flaschencondensators von 12 Quadratmeter Oberfläche (vergl. S. 50) der Kohleblitzableiter und eine Funkenstrecke geschaltet; letztere wurde von 1 Millimeter bis zu 20 Millimeter gebracht und doch blieben die Kohlen trotz der sehr beträchtlichen Entladungen unverändert; es wurde nur etwas Kohlenstaub ausgetrieben, während ein mit dem Blitzableiter perallel geschaltetes Relais unberührt blieb.

Da das Zusammenschmelzen der Metallspitzen in den Blitzableitern keine Wirkung der hohen Spannung, sondern der Quantität sein muss, erprobte Ulbricht seinen Kohleblitzableiter auch durch die Ströme einer dynamoelektrischen Maschine. Es wurde durch diese

zwischen zwei Metallspitzen eines gewöhnlichen Blitzableiters ein Voltabogen erzeugt, der jedoch kaum eine halbe Secunde dauerte und dann erlosch, weil in dieser Zeit durch das geschmolzene Metall bereits eine metallische Brücke von Spitze zu Spitze hergestellt war, gerade so, wie dies der Blitz häufig bewirkt. Wurde hingegen der Kohleblitzableiter in gleicher Weise dem Versuche unterworfen, so veränderte sich dieser an den betreffenden Stellen fast gar nicht. Erst wenn der Voltabogen etwa eine Minute lang einwirken konnte, traten Auftreibungen der Kohle ein, welche zwei benachbarte Platten miteinander in Contact brachten. Somit ist der Kohleblitzableiter bedeutend beständiger als jeder Blitzableiter aus Metallen.

Bei vergleichenden Versuchen zwischen den gebräuchlichen Spitzen- und Plattenblitzableitern einerseits und dem Kohleblitzableiter andererseits stellte sich in Bezug auf Empfindlichkeit stets eine Ueberlegenheit des Kohleblitzableiters heraus. Letzterer zeigte sich sogar wirksamer als der sehr empfindliche (weiter unten zu besprechende) Spindelblitzableiter, welcher bei den deutschen Fernsprechämtern in Verwendung steht. Auch das Einschieben eines Papierblattes zwischen die Kohlenplatten verminderte die Wirksamkeit des Kohleblitzableiters nur unbedeutend. Ulbricht erklärt die hohe Empfindlichkeit seines Blitzableiters einerseits durch die vielen feinen Spitzen der Kohlenplatten und andererseits dadurch, dass schon durch jene Elektricitätsbewegungen, welche der Funkenbildung vorhergehen, kleine Kohletheilchen abgerissen werden, die, von Elektrode zu Elektrode spielend, die Bildung des Funkenweges erleichtern.

Für die Forderung einer besonderen Sicherheit kann die Wirksamkeit des Kohleblitzableiters noch dadurch erhöht werden, dass man unmittelbar hinter jede Leitungsplatte eine Drahtspirale schaltet. Die Kosten eines Kohleblitzableiters von der bei den sächsischen Staatsbahnen bereits in zahlreichen Exemplaren zur Anwendung gekommenen Form (Fig. 64) betragen bei *n* Kohlenplatten $2 + n \,.\, 2{\cdot}5$ Mark, also für einen Blitzableiter zu sechs Leitungen 17 Mark.

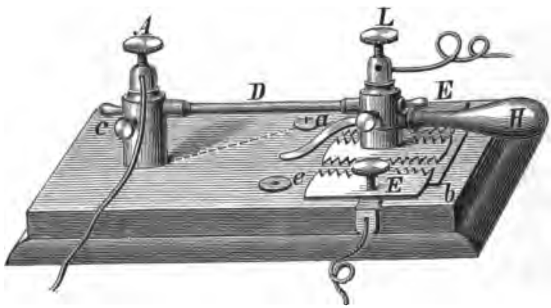
Der Schutz der Apparate kann sowohl bei den Platten- als auch Spitzenableitern dadurch wesentlich erhöht werden, dass man einen **Schmelz- oder Schutzdraht** anwendet, d. h. zwischen dem Blitzableiter und den Apparaten einen Draht einschaltet, der seines geringen Leitungsvermögens wegen schon durch einen Strom abgeschmolzen wird, dessen Stärke noch zu gering ist, um den Leitungsdrähten oder Apparaten einen Schaden zuzufügen. Als Material für diese Schmelzdrähte kommen am häufigsten Platin, Neusilber, Kupfer, Eisen und auch Messing zur Anwendung.

Ein sehr einfacher, mit Abschmelzdraht versehener Blitzableiter, welcher bei **französischen Bahnen** Anwendung findet, ist in Fig. 66 abgebildet. Auf der Grundplatte *b c* sind die beiden Klemmschrauben *A* und *L* befestigt, die untereinander durch einen dünnen Eisendraht *D*, eingeschlossen in ein Glasrohr, in leitender Verbindung stehen. Das Glasrohr hat den Zweck, die beim Abbrennen des Eisendrahtes herumsprühenden Funken zurückzuhalten. Unter der Klemme *L* und mit ihr in metallischer Berührung befindet sich eine auf zwei Seiten sägeartig gestaltete Platte, deren Zähne den Zähnen ähnlich geformter Platten *E* gegenüberstehen,

in derselben Weise, wie dies bei der Bréguet'schen Blitzplatte der Fall ist. Die beiden seitlichen Platten *E* sind untereinander und mit der Erde verbunden. Die Linienleitung schliesst sich an die Klemme *L*, die Apparatenleitung an die Klemme *A* an.

Der Telegraphirstrom gelangt durch die Leitung zur Klemme *L*, geht durch den dünnen Eisendraht zur Klemme *A* und hierauf zu den Apparaten. Ströme atmosphärischer Elektricität werden von der Klemme *L* aus in der Regel zwischen den Zähnen der Blitzplatte

Fig. 66.



übergehen und direct zur Erde abfliessen. Sollte aber doch ein grösserer Stromantheil in den Eisendraht gelangen, so schmilzt er diesen ab und hebt dadurch die Verbindung der Linienleitung mit den Stationsapparaten sofort auf.

Durch die Handhabe *H* kann eine mit der Klemme *L* verbundene Metallzunge auf die Contacte *e* oder *a* gestellt werden. Die erste Stellung giebt man ihr bei starken Gewittern, um dadurch der etwa durch die Linienleitung *L* anlangenden atmosphärischen Elektricität einen directen Weg zur Erde anzuweisen. Stellt man

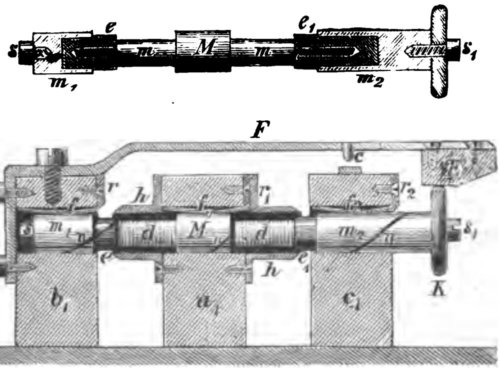
die Zunge auf den Contact *a*, so ist die Linienleitung unter Ausschluss des Eisendrahtes direct mit der Apparatenklemme *A* verbunden, wie dies die gestrichelte Linie andeutet. Diese Verbindung wird hergestellt, wenn ein durch eine Entladung atmosphärischer Elektricität durchgebrannter Eisendraht durch einen neuen ersetzt werden soll, was übrigens bei richtig gewählter Stärke des Eisendrahtes selten vorkommt. Die normale Stellung der Zunge ist die in der Mitte zwischen den beiden Contacten *a* und *e*, wie sie in der Figur dargestellt ist.

Bei den französischen Staatsbahnen ist der Abschmelzdraht mit Seide sorgfältig umsponnen und auf einen mit der Erde in leitender Verbindung stehenden Metallcylinder aufgewunden. Gelangen bei dieser Einrichtung starke Entladungen atmosphärischer Elektricität in den Abschmelzdraht, so dringen diese durch die Seidenumspinnung auf den Metallcylinder und fliessen zur Erde ab.

In ähnlicher Weise ist der Abschmelzdraht bei den **Spindelblitzableitern** angeordnet, welche bei den deutschen Fernsprechstationen in Verwendung stehen. Die Detailconstruction dieses Blitzableiters ist aus Fig. 67 zu ersehen, in welcher die Spindel und die Spindel in ihrer Lage zu den übrigen Theilen des Blitzableiters in Längsschnitten dargestellt sind. Die Spindel besteht aus einem Messingcylinder M_1 welcher zu beiden Seiten bei *m m* etwas abgedreht ist. Das eine Ende derselben ist in das Ebonitstück *e* eingeschraubt, das andere mit dem Ebonitstücke e_1 durch den Messingcylinder m_2 abgeschlossen. Die Spindel besteht sonach aus den drei von einander isolirten Messingcylindern m_1, *M* und m_2. Die abgedrehten Theile *m m* des mittleren Cylinders

sind, wie an der eingeschobenen Spindel ersichtlich, mit Drahtwindungen versehen; hierzu wird 0·1 Millimeter dicker Kupferdraht verwendet, der mit Seide sorgfältig übersponnen ist. Die Drahtenden der Spulen sind durch die spiralförmigen Nuthen *n* isolirt geführt und verbinden dadurch die beiden Spiralen untereinander und ebenso die beiden Messingcylinder m_1 und m_2, indem sie durch Schrauben $s\,s_1$ an erstere festgeklemmt sind. Die mittleren Theile der Spindel, soweit sie mit

Fig. 67.



Drahtwindungen *d d* umhüllt sind, berühren die innere Wand des hohlen Theiles *h h* des Messingstückes a_1 an keiner Stelle; hingegen wird in den Messingstücken b_1, a_1 und c_1 für gute Contacte zwischen diesen und den Messingcylindern m_1, M und m_2 dadurch gesorgt, dass die durch die Schrauben $r\ r_1\ r_2$ befestigten und rechtwinkelig in die cylindrischen Bohrungen hineingebogenen Federn $f\,f_1\,f_2$ gegen die Spindel drücken. Die Fussplatten von b_1 und a_1 bilden (in der Zeichnung nicht sichtbar) eine Blitzplatte, ähnlich der des vorbeschriebenen Apparates.

Die Betriebsströme gelangen durch b_1 in den Blitzableiter, von hier in den Messingcylinder m_1, gehen dann durch $s\ n\ d\ n\ d\ n\ s_1$ in das Messingstück c_1 und zu den Apparaten. Gelangt aber, z. B. in Folge eines Gewitters, ein hochgespannter Strom durch die Linienleitung nach b_1, so wird der Hauptantheil, statt die dünnen Drähte $d\ d$ zu durchfliessen, zwischen den Zähnen von b_1 und a_1 überspringen und zur Erde abfliessen. Ist der durch $d\ d$ eindringende Zweigstrom trotzdem noch kräftig, so zerstört er den dünnen Draht der Windungen oder doch wenigstens dessen isolirende Seidenumspinnung und stellt dadurch eine metallische Verbindung mit dem zur Erde abgeleiteten Stücke a_1 her, wodurch er ebenfalls, ohne in die Apparate zu gelangen, zur Erde abfliesst.

Ist eine Blitzschutzvorrichtung zerstört worden, so setzt man den Apparat einfach dadurch wieder in Stand, dass man die Spindel aus den Stücken $b_1\ a_1\ c_1$ herauszieht und dafür eine neue (Reserve-) Spindel einführt. Damit nun auch während dieser Manipulation die Linie nicht unterbrochen wird, ist an dem Stücke b_1 durch Schrauben eine starke Messingfeder F befestigt, die bei c mit einem Contactstifte und an ihrem freien Ende mit dem schief abgeschnittenen Ebonitstücke E versehen ist. So lange die Spindel sich an ihrem Platze befindet, stemmt sich die Feder F mit ihrem Ebonitklotze E gegen den Kopf K der Spindel, wodurch der Contactstift bei c ausser Berührung mit dem Metallstücke c_1 gehalten wird. Zieht man aber die Spindel heraus, so drückt die Feder F den Contactstift nieder, weil nun der Kopf K das Ebonitstück E nicht mehr zurückhält, und verbindet dadurch b_1 direct mit c_1.

Wird hierauf die neue Spindel eingeschoben, so wird durch Heben der Feder *F* der Blitzableiter als solcher wieder hergestellt.

Obwohl sich die Abschmelzdrähte als praktisch und zum Schutze der Apparate nothwendig erwiesen haben, leiden sie doch an dem Uebelstande, dass beim Ersetzen eines zerstörten Drahtes durch einen neuen entweder die Apparate oder der Blitzableiter aus der Leitung ausgeschaltet werden müssen. Diesem Uebelstande suchte man dadurch zu begegnen, dass man Vorrichtungen erdachte, welche automatisch nach dem Abbrennen eines Drahtes einen neuen Draht einschalten. Solche Vorrichtungen construirten z. B. Pianta, Picco, Paoli, Turati u. A.

Man befestigt die Abschmelzdrähte an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels, eine Feder oder anderweitige Spannvorrichtung an dem anderen Ende desselben. Brennt der Draht ab, so schlägt der Hebel um und bewirkt dadurch die Einschaltung eines neuen Drahtes in den Apparat.

Einen sehr einfachen derartigen Apparat construirte auch Ad. Bein[1]) in Görz. Bei demselben lehnt sich ein ziemlich schwerer, etwas schräg stehender Metallhebel gegen einen kurzen, in einer Art Gabel horizontal gespannten Draht und drückt mit seinem eigenen Gewichte gegen den Draht. Schmilzt dieser, so fällt der Hebel auf einen zweiten unterhalb des ersten ausgespannten Draht. Etwa fünf solcher Reservedrähte dürften für den Verlauf eines Gewitters in allen Fällen ausreichend sein.

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, V, p. 37.

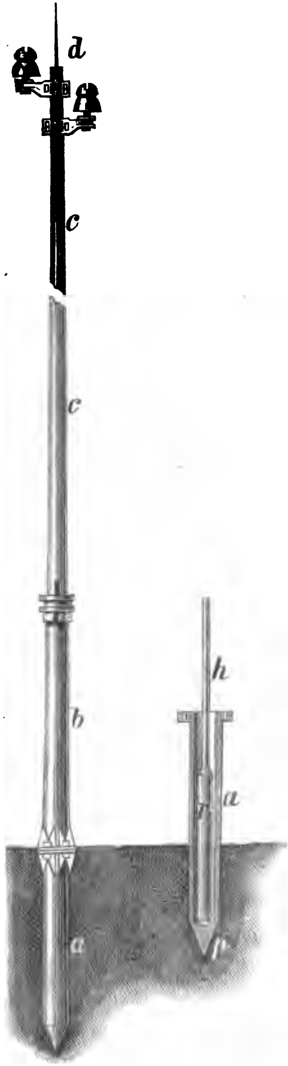
Die bisher beschriebenen Blitzableiter dienen alle nur zum Schutze der Apparate innerhalb der Station, beziehungsweise zum Schutze der Station selbst, insoferne es sich um Entladungen atmosphärischer Elektricität handelt, welche durch die Linienleitungen anlangen. Den Linienleitungen selbst gewähren die beschriebenen Blitzableiter keinen Schutz. Zur Erreichung dieses Zweckes müssen besondere Vorrichtungen, die sogenannten **Linienblitzableiter**, zur Anwendung gelangen. Ein solcher besteht im Wesentlichen in einer metallischen Ableitung, welche den Leitungsdrähten möglichst genähert wird, ohne jedoch die Isolation irgendwo aufzuheben. Man befestigt an den Tragstangen eiserne Stangen, welche oben zugespitzt sind und mit ihrer Spitze den Leitungen nahe stehen; für die Ableitung der Elektricität sorgt man durch eine mit der Eisenspitze verbundene zweckentsprechend angelegte Erdleitung.

Linienblitzableiter sind mindestens an allen jenen Orten anzubringen, welche erfahrungsgemäss den Blitzschlägen besonders ausgesetzt sind. Hierbei wählt man wenn irgend möglich, jene Säulen, bei welchen ständig nasse Erde leicht zu erreichen ist. Die Aufstellung der Linienblitzableiter wird wesentlich vereinfacht, wenn an Stelle der hölzernen eiserne Gestänge zur Anwendung gelangen. Es ist dies beispielsweise bei den brasilianischen Staatstelegraphen der Fall.

Die hier zur Anwendung gelangenden eisernen Pfosten wurden von **Siemens Brothers & Co.** in London angefertigt und sind in Fig. 68 abgebildet.[1])

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, VI, p. 155.

Eig. 68.



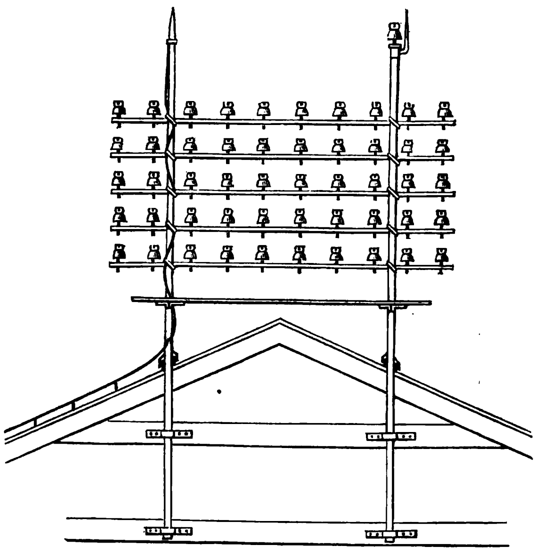
Sie bestehen aus der gusseisernen Fundamentspitze *a*, dem gusseisernen Mittelrohre *b*, dem schmiedeeisernen konischen Oberrohre *c* und der schmiedeeisernen Blitzableiterspitze *d*. Die gusseiserne Fundamentspitze wird, wie in Fig. 68 separat dargestellt ist, mittelst eines eisernen Rammers *r* in den Erdboden eingetrieben, wobei ein oder zwei Arbeiter den Rammer an seinem Handgriffe *h* auf- und abbewegen. Dadurch, dass die Rammschläge auf die innere Fläche der Spitze *p* geführt werden, soll man eine bedeutend grössere Wirkung ausüben, als wenn die Schläge auf die obere Fläche des Rohres ertheilt würden.

Das gusseiserne Mittelrohr *b* wird sodann mit *a* zusammengeschraubt; dasselbe läuft oben ein wenig konisch zu, damit sich das untere Ende des schmiedeeisernen konischen Oberrohres *c* bequem auf *b* aufpassen lässt. Dieses Oberrohr hat an seinem unteren Ende zwei sich gegenüberstehende, kurze Schlitze, über welche ein

Ring geschoben wird, der zusammen mit dem Oberrohre *c* fest auf das Mittelrohr *b* aufgekeilt wird.

In vielen grösseren Städten führt man die gegenwärtig immer zahlreicher werdenden Telephonleitungen auf eisernen Gestängen, die auf den Dächern der Häuser aufgestellt werden. Hierin glaubten nun viele eine Erhöhung der Blitzgefahr für die betreffenden Gebäude

Fig. 69.



gegeben. Das ist aber, wenigstens in der Regel, nicht der Fall. Man mag die Hauptwirksamkeit eines Blitzableiters der durch die Spitzenwirkung erzielten geräuschlosen Entladung oder der sicheren Ableitung des Blitzstrahles zur Erde zuschreiben, die Oberflächenwirkung, die Theilung des Funkens oder das galvanische Leitungsvermögen als Hauptsache betrachten, immer hat man

es mit einem ausgedehnten, weitverzweigten, aus gut leitenden und grossen Metallmassen gebildeten Netze zu thun, welches in vielfacher Verbindung mit noch massigeren Rohrleitungen und der Erde steht. Das ganze System, weit entfernt eine Gefahr zu bilden, stellt vielmehr einen sehr wirksamen, grossen Blitzableiter dar.

Fig. 70.

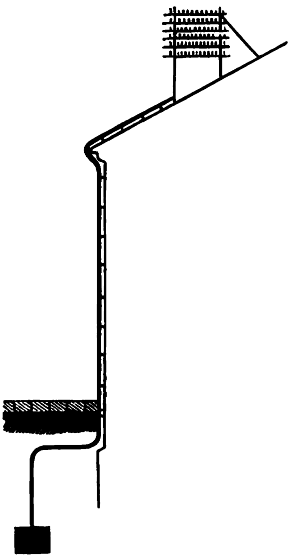
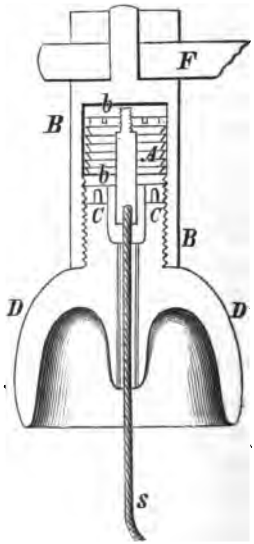


Fig. 71.



Auf Dächern befestigte eiserne Telephongestänge könnten nur in dem Falle eine Blitzgefahr darstellen, wenn sie zum Zwecke ihrer Befestigung tief in das Dach hineinreichen und in der Nähe ihrer unteren Enden grössere oder zusammenhängende Metallmassen sich befinden, welche eine gute Ableitung zur Erde darstellen. Die hierdurch bewirkte Gefahr ist aber

einfach dadurch zu beseitigen, dass man die betreffenden Metallmassen mit dem Gestänge einerseits und der Erde andererseits in leitende Verbindung setzt.

Das **Triester Telephonnetz** ist an besonders exponirten Punkten mit Blitzschutzvorrichtungen versehen, deren Anordnung aus den Figuren 69 und 70 zu ersehen ist.[1]) An diesen Stellen erhielten die Gestänge Ableitungen, welche durch Träger am Gebäude befestigt sind und bis in das Grundwasser reichen. Die Erdleitung besteht aus einem Bleirohrkabel, welches zu der, womöglich 4 Meter vom Gebäude entfernt, in das Grundwasser versenkten Kupferplatte führt. An Stelle der letzteren ist mitunter auch Retortenkohle zur Anwendung gelangt. Hierbei wurde der Gesammtwiderstand der Leitung zwischen den kupfernen Fangspitzen auf den Röhren der Gestänge und der Erde so bemessen, dass er 37 Ω nicht übersteigt. Auf langen Linien mit Säulenleitung wurden auch einzelne Säulen mit Blitzschutzvorrichtungen versehen. Diese bestehen aus nahe an die Leitung reichenden Kupferspitzen, von welchen in die Säulen eingelassene Kupferdrähte (von 2 Millimeter Durchmesser) zur Kupferplatte oder Retortenkohle ins Grundwasser führen.

Einen im Freien aufstellbaren Blitzableiter für Telegraphen- und Telephonleitungen hat auch **F. Süss** in Klausenburg construirt.[2]) Fig. 71 zeigt den Längsdurchschnitt. *A* ist ein aus mehreren mit spitzigen Zähnen versehenen Rädern gebildeter Metallkörper, welcher durch Porzellanringe *b b* in der Metallhülse *B*

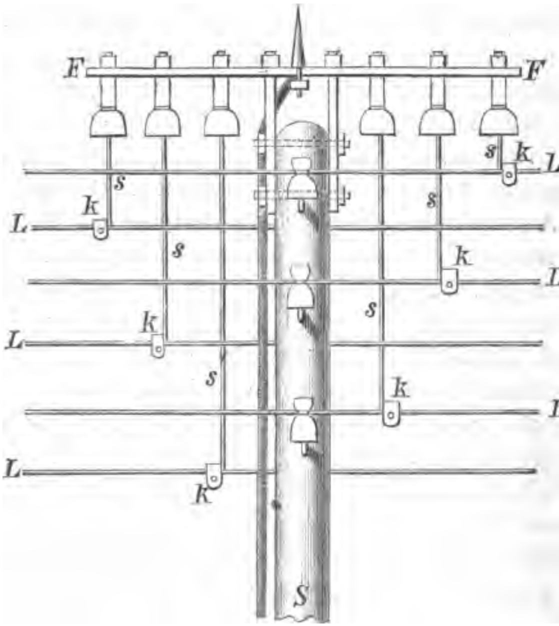
---

[1]) Zeitschrift für Elektrotechnik, III., p. 495.

[2]) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, III, p. 333.

derart isolirt angebracht ist, dass die Spitzen der Räder der sie umgebenden Wand möglichst nahe stehen, jedoch dieselbe nicht berühren können, während die Mutter *C* zur Befestigung des inneren Körpers in der Metallhülse dient. Die Metallhülse *B* selbst ist mit

Fig. 72.

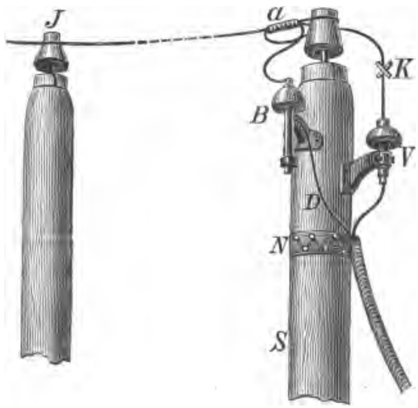


einer Schraube versehen; mittelst derselben wird sie an einem starken Eisen *F*, Fig. 72, befestigt, welches als Träger dient und mit der Erde in leitender Verbindung steht. An dem inneren, mit vielen Spitzen versehenen Metallkörper ist ein Kupferdrahtseil *s* angelöthet, welches am anderen Ende eine Klemmschraube

k trägt, die zur Verbindung mit dem Liniendrahte dient. Der eiserne Arm *F* geht parallel zu den Linien *L L* und ist so lang zu wählen, dass beiderseits so viele Blitzableiter Platz haben, als Leitungen an dem Träger *S* angebracht sind. *D*, in Fig. 71, ist eine Porzellanglocke, welche als Isolator dient.

Eines besonders sorgfältig hergestellten Blitzschutzes bedürfen die **unterirdischen Leitungen**, falls sie an oberirdische angeschlossen sind, weil einerseits die

Fig. 73.



Reparaturen der in die Erde oder in Wasser versenkten Kabel schwierig sind und andererseits wegen der Kostspieligkeit derartiger Leitungen. Die Schutzvorrichtungen hat man vorzugsweise an den Uebergangsstellen der oberirdischen in die unterirdischen Leitungen, also an den Ueberführungssäulen oder Kästen anzubringen.

An der norwegischen Küste, an welcher die Telegraphenleitungen häufig Fjorde und Buchten übersetzen müssen, wechseln demgemäss sehr häufig Kabelleitungen

mit oberirdischen Linien. Man hat dort keine eigenen Kabelhäuser gebaut, sondern benützt die in Fig. 73 abgebildeten Säulen.[1]) Die oberirdische Leitung gelangt von dem Spann-Isolator *J* zu der Verbindungssäule *S*. Bei *a* tritt eine Verzweigung ein; die eine Leitung führt durch die Blitzschutzvorrichtung *B* und zu den Schutzdrähten des Kabels, der andere Zweig ist bei *K* zum Kabel verbunden, das von Haus aus mit dem inwendig von einer Mischung aus Harz und Wachs ausgefüllten Verbindungs-Isolator *V* versehen sein kann, der an der Säule befestigt wird. Der Blitzableiter *B* besteht aus einem massiven und einem hohlen Cylinder mit gerippten, einander umschliessenden Wandungen; der massive Cylinder ist am Isolatorkopf befestigt und mit der Leitung verbunden, während der hohle Cylinder durch den Draht *D* zur Erde abgeleitet wird. Die Luft im Innenraume zwischen den miteinander verkitteten Cylindern ist verdünnt. Zur Sicherung des Kabels an der Säule dient das Netzwerk *N*.

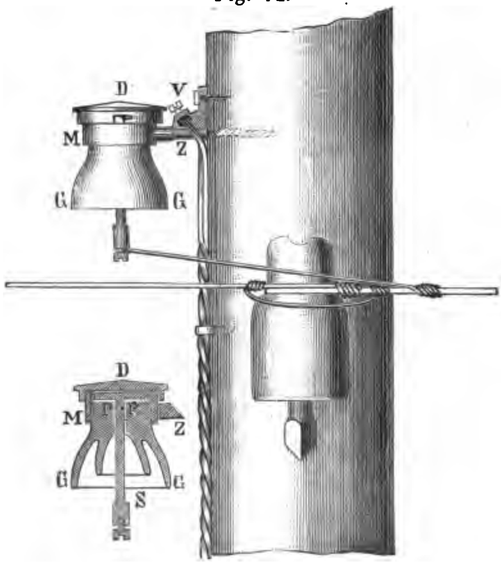
Eine ähnliche zweckmässige Blitzschutzvorrichtung für Kabel ist in Fig. 74 abgebildet.[2]) Der eigens construirte Isolator ist an der Abspannstange befestigt. In letztere wird ein mit einer Holzschraube versehener Zapfen *Z* eingeschraubt, welcher am anderen Ende einen Messingring *M* besitzt. In diesem sitzt die Doppelglocke *G G* aus Ebonit; sie wird von einem Messingstabe *S* durchsetzt, der an einer runden, auf der Oberseite gerieften Metallplatte *PP* befestigt ist. Letztere und der Messingstab sind von den übrigen Theilen des Isolators

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, III, p. 293.

[2]) J. Zacharias, Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage, p. 132.

durch die Hartgummiglocke isolirt. Der Messingdeckel *D* ist mittelst Bajonnetverschluss auf den Ring *M* aufgesetzt und bildet durch seine concentrisch geriefte Unterseite die Gegenplatte zu *PP*. Beide Platten stehen sich, durch einen Luftzwischenraum von 1 Millimeter Dicke von einander getrennt, gegenüber. Die untere Platte ist durch einen zwei Millimeter dicken Kupfer-

Fig. 74.



draht mit der oberirdischen Leitung in der Weise verbunden, dass ein Ende des Drahtes mit der Luftleitung verlöthet ist, während das andere Ende am unteren Theile des Stabes *S* seine Befestigung findet. Die obere Platte, der Messingdeckel, steht mit der Erdleitung in Verbindung. Zu diesem Zwecke trägt der Zapfen *Z* bei *V* eine Verstärkung, an welcher die auf der Stange

heraufgeführte Erdleitung befestigt ist. Gummiringe, zwischen der inneren und äusseren Ebonitglocke und am unteren Ansatze des Messingstabes *S* eingelegt, verhindern das Eintreten von Feuchtigkeit.

Gelangen also Ströme atmosphärischer Elektricität in die Luftleitung, so gehen sie durch den Kupferdraht in die Messingstange *S* und die mit ihr verbundene Platte *PP*, überspringen den Luftzwischenraum, gehen durch den Messingdeckel und den Ring *M* zum Ansatze *V* des Zapfens *Z* und fliessen von hier zur Erde ab; das an die Luftleitung sich anschliessende Kabel bleibt unberührt. Ist die Kabelleitung beiderseits an Luftleitungen angeschlossen, so hat man natürlich an jeder Ueberführungsstelle eine derartige Blitzplatte anzubringen.

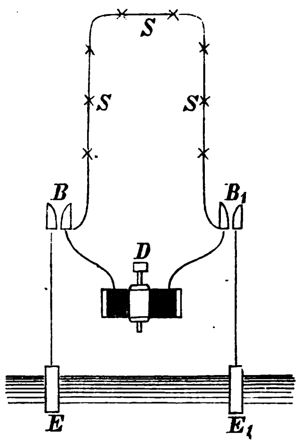
Besondere Sorgfalt ist hierbei der Erdleitung zuzuwenden, da sonst der Blitzableiter werthlos ist. Es soll hierzu, nach Zacharias, in das Stangenloch, wenn dieses feucht genug ist, sonst aber in ein eigens zu grabendes Loch verzinkter, 4 bis 5 Millimeter starker Eisendraht (in einem engen Ringe von circa 150 Meter Drahtlänge) versenkt werden. Die beiden Enden lässt man, zusammengedreht und längs der ganzen Stange mit kleinen Klammern befestigt, bis zum Blitzableiter hinaufreichen, wo man sie durch die Schraube *V* festklemmt. Sind mehrere Blitzableiter auf einer Stange zu befestigen, so erhält jeder eine eigene Erdleitung; diese Erdleitungen sind aber untereinander zu verbinden.

7. Blitzbleiter für Leitungen dynamoelektrischer Ströme.

In jüngster Zeit beginnen auch die kräftigen, von dynamoelektrischen Maschinen gelieferten elektrischen

Ströme mehr und mehr zur praktischen Verwerthung zu gelangen. Es tritt hierbei häufig die Nothwendigkeit ein, starke und lange Leitungen unter freiem Himmel zu führen. Diese sind daher ebenso der Einwirkung der atmosphärischen Elektricität ausgesetzt wie die Telegraphen- und Telephonleitungen und bedürfen daher ebenfalls entsprechender Blitzschutzvorrichtungen.

Fig. 75.

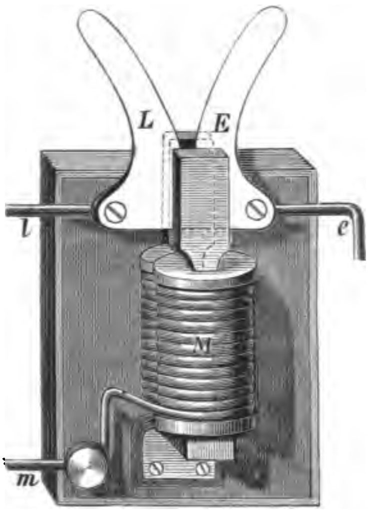


Stellt *D*, Fig. 75, eine dynamoelektrische Maschine, *S* deren ausserhalb des Maschinenhauses im Freien verlaufenden Stromkreis (z. B. für elektrische Beleuchtung) dar, so könnte die Blitzschutzvorrichtung in der Weise angeordnet werden, dass man bei *B* und B_1 am Hin- und Rückleitungsdrahte geeignete Blitzplatten anbringt, welche mit Erdleitungen *E* E_1 versehen sind. Findet nun eine Entladung atmosphärischer Elektricität statt, so gelangt diese nach *B* oder B_1 oder an beide Punkte und fliesst direct zur Erde ab, ohne die Maschine oder sonstige Apparate etc. zu gefährden.

Der Blitzschutz wäre somit in ganz einfacher Weise erreicht, wenn wir hier nicht auch noch mit den, gegenüber den Telephon- oder Telegraphirströmen an Stärke weitaus überlegenen Maschinenströmen zu rechnen hätten. Sobald nämlich der Blitz in Funkenform zwischen den Platten des Blitzableiters auftritt, stellt er auch für die kräftigen Maschinenströme einen kurzen Schluss her,

welche dann in Form von Voltabögen den Luftzwischenraum zwischen den Blitzableitern überbrücken werden. Falls die Maschine eine Serienmaschine ist, wäre sie nun allerdings gegen die directe Wirkung des Blitzes geschützt, würde sich aber durch die eigenen Ströme zerstören. Diesem Uebelstande könnte man durch rasches Ausblasen der Voltabogen begegnen; **Elihu Thomson** zieht es hingegen vor, dieses Geschäft der ablenkenden Kraft eines Elekro - Magnetes zu übertragen.[1])

Fig. 76.



Thomson's Blitzableiter für dynamoelektrische Maschinen erhielt sonach die in Fig. 76 abgebildete Gestalt. Zwei gekrümmte Messer *L* und *E* sind mit der Linienleitung *l*, beziehungsweise Erdleitung *e* verbunden. Zwischen die Linienleitung *l* und die von der Maschine kommende Leitung *m* ist ein Elektromagnet geschaltet, dessen flache Pole zu beiden Seiten der an ihrem unteren Ende sich auf 1 Millimeter Entfernung gegenüberstehenden Messer emporragen. Der Magnet behält also so lange seine Wirksamkeit, als die Maschine im Betriebe steht. Wird nun in Folge einer Entladung atmosphärischer

---

[1]) Uppenborn, Centralblatt für Elektrotechnik, VII, p. 92.

Elektricität zwischen L und E ein Voltabogen gebildet, so wird dieser durch die magnetische Kraft der beiden Pole zurückgedrängt und muss wegen der Krümmung der Messer immer wachsende Luftzwischenräume überbrücken; das Wachsen des Bogens wird aber bald in der bestimmten Stromstärke der Maschine seine Grenze finden, d. h. der Bogen muss erlöschen.

Blitzschutzvorrichtungen stellen sich auch als ein Bedürfniss heraus für jene elektrischen Bahnen, bei welchen die Stromzufuhr durch eine auf Tragsäulen geführte Leitung stattfindet. Die Hauptleiter bilden bei der häufig zur Anwendung gelangenden Construction von Siemens & Halske an ihrer Unterseite der Länge nach aufgeschlitzte Eisenröhren, welche durch Isolatoren und über Isolatoren geführte Drahtseile auf starken Telegraphensäulen befestigt sind. In den Eisenröhren gleiten Contactschiffchen, welche durch Kabel mit der secundären Maschine auf dem Wagen leitend verbunden sind. Indem der Wagen in seinem Laufe die Contactschiffchen nachzieht, bleibt dessen Maschine in ununterbrochener Verbindung mit den Eisenröhren, welchen vom Maschinenhause aus der Strom der primären Maschine zugeführt wird.

In Bezug auf Blitzgefahr befinden sich derartige Leitungen in einer ganz ähnlichen Lage wie die Telegraphen- und Telephonleitungen, werden aber ihrer bedeutend grösseren Metallmasse wegen viel grössere Quantitäten atmosphärischer Elektricität zu leiten im Stande sein. Da sie überdies mit keinerlei Erdleitung in Verbindung stehen, könnten sie ohne entsprechende Schutzvorrichtungen die Entladungsschläge fast ungeschwächt bis in das Maschinenhaus, beziehungsweise

in den Wagen fortleiten. Bei der elektrischen Bahn Mödling—Hinterbrühl ist der Blitzschutz in sehr einfacher Weise dadurch erreicht, dass man an den betreffenden Stellen die Hauptleiter mit gezahnten Metallplatten versah, so zwar, dass die Zähne gegeneinander gerichtet sind, und zwischen den Zähnen dieser Platten eine dritte, gleichfalls gezahnte Platte anbrachte. Die Zähne der letzteren sind gegen die Zähne der ersteren gerichtet und die Platte selbst steht mit einer entsprechend angelegten Erdleitung in Verbindung.

VI. Prüfung der Blitzableiter.

In den vorhergehenden Abschnitten wurde versucht jene Grundsätze zu erörtern und zu begründen, nach welchen bei Anlage eines Blitzableiters vorgegangen werden muss, wenn letzterer im Stande sein soll, unter allen Umständen sicher und zuverlässlich das zu schützende Object vor Blitzschaden zu bewahren. Es ist hieraus auch zu ersehen, dass die Lösung der mit der Anlage eines Blitzableiters gestellten Aufgabe häufig ein sehr eingehendes Studium der verschiedenartigsten Umstände und Verhältnisse erfordert und dass nur durch eine vollkommen sachgemässe Durchführung einer Anlage der erstrebte Zweck erreicht werden kann.

Wir wissen nunmehr auch, dass eine Blitzableiteranlage immer nur an Ort und Stelle, mit eingehender Berücksichtigung des speciellen zu schützenden Objectes und der speciellen örtlichen Verhältnisse zu entwerfen und auszuführen ist, dass eine für bestimmte Verhält-

nisse vollkommen ihrem Zwecke entsprechende Anlage unbrauchbar oder sogar gefährlich werden kann, wenn jene Verhältnisse, für welche sie geschaffen wurde, andere werden. Dieser Fall kann aber in mannigfacher Weise eintreten, sei es durch bauliche Veränderungen im betreffenden Gebäude selbst oder in dessen nächster Umgebung, sei es z. B. durch Herstellung oder Verschüttung von Brunnen, durch neue Canalisirungen, Entwässerungs- oder Bewässerungsanlagen, Einführung von Gas- oder Wasserleitungen u. s. w. Diese und zahlreiche andere Veränderungen können also eine ursprünglich tadellose Blitzableiteranlage ganz werthlos machen oder doch wenigstens ihre Verlässlichkeit sehr herabsetzen.

Die Blitzableiteranlagen sind aber auch in den meisten Fällen der Einwirkung von Wind und Wetter in vollem Masse ausgesetzt. Es ist daher auch bei dem besten Materiale und bei der sorgfältigsten Arbeit nicht zu verhindern, dass das Materiale mehr oder weniger zerstört, Verbindungen gelockert werden, dass dann überhaupt die Gesammtanlage nicht mehr den an sie gestellten Anforderungen zu entsprechen im Stande ist.

Macht man also selbst die sehr kühne, durchaus ungerechtfertigte Annahme, dass jeder Blitzableiter ursprünglich vollkommen entsprechend hergestellt wurde, so ergiebt sich selbst für diese Fälle die Nothwendigkeit einer von Zeit zu Zeit vorzunehmenden Prüfung, wenn man sicher sein will, dass der auf dem Hause angebrachte Apparat wirklich als Schutzapparat wirken kann. Eisenlohr, C. Kuhn, Holtz, Weber u. A. haben auch wiederholt auf die Nothwendigkeit solcher Untersuchungen hingewiesen und gezeigt, dass selbe

von allgemeinem Interesse sind und dass sie besonders zum Nutzen der Versicherungsgesellschaften wären; es wurde vorgeschlagen, die Blitzableiter ebenso einer behördlichen Controle durch sachverständige Organe zu unterstellen, wie dies gegenwärtig mit Feuerungsanlagen, Dampfkessel etc. der Fall ist. Es muss leider constatirt werden, dass diese wiederholten Anregungen wenig Erfolg gehabt haben und so tritt nur zu häufig der Fall ein, dass Blitzschäden an Objecten zu verzeichnen sind, welche mit „sogenannten" Blitzableitern versehen waren. Solche Fälle, von dem grösseren Theile des Publicums nicht auf die thatsächlichen Ursachen zurückgeführt, hindern überdies noch die Weiterverbreitung der so werthvollen Erfindung Franklin's.

Die Beantwortung der Frage, in welcher Weise derartige Prüfungen der Blitzableiteranlagen stattzufinden hätten, finden wir in den vorhergehenden Abschnitten, in welchen bezüglich des Materiales, der Herstellung und Verbindung der einzelnen Theile untereinander, der Disponirung und Herstellung der Anlage etc. das Nöthige mitgetheilt wurde. Diese Angaben über die Neuherstellung eines Blitzableiters müssen natürlich auch als Basis für die Beurtheilung alter Anlagen gelten. Hieraus ist auch zu ersehen, worauf das Hauptaugenmerk bei den Prüfungen zu lenken ist.

Zur Prüfung auf die metallische Continuität des Blitzableiters von seiner Spitze bis zur Erdplatte und in allen Nebenleitungen wird gegenwärtig auf Vorschlag Wagner's[1]) häufig die Methode mit Hilfe des galvanischen Stromes und eines Galvanometers anempfohlen.

---

[1]) Poggendorff, Annalen, LXIX, 554.

Schaltet man nämlich in den Stromkreis eines galvanischen Elementes den Blitzableiter ein und giebt ein gleichfalls in diesen Stromkreis geschaltetes Galvanometer einen Ausschlag, sobald der Stromkreis geschlossen wird, so muss der ganze Stromkreis und folglich auch der Blitzableiter metallische Continuität besitzen. Erhält man hierbei keinen Ausschlag, so ist der Stromkreis an irgend einer Stelle unterbrochen. Ob diese Unterbrechung der metallischen Continuität des Blitzableiters aber von einer dünnen Oxydschichte oder von einem Risse von kaum messbarer Grösse herrührt, oder ob die Leitung vielleicht auf mehrere Meter Länge unterbrochen ist, darüber giebt die galvanometrische Methode keinen Aufschluss.

Es ist nach dem Vorhergehenden leicht einzusehen, dass die erstgenannten Ursachen der Unterbrechung zwar allerdings zu beseitigende, aber doch nur unbedeutende Mängel eines Blitzableiters sind, während die letztgenannte Ursache den Blitzableiter nicht nur unbrauchbar sondern sogar zu einem gefährlichen Apparate macht. Andererseits wird das Galvanometer auch dann einen Ausschlag geben, wenn die Leitung sogar an sehr vielen Stellen nahezu abgerissen ist; für den schwachen galvanischen Strom reicht auch der geringe Querschnitt an den betreffenden Stellen aus, wenn nur die metallische Continuität nicht ganz aufgehoben ist. Die galvanometrische Prüfung würde also im letzterwähnten Falle ein günstiges Resultat ergeben, und doch würde der wahre Werth der beiden Blitzableiter gerade ganz umgekehrt zu bemessen sein: Der Blitzableiter mit dem feinen Risse wird unter sonst gleichen Umständen seinen Zweck vollständig erfüllen

(womit natürlich nicht gesagt sein soll, dass dieser Fehler unbehoben bleiben darf), der mit zahlreichen Defecten aber vollkommener metallischer Continuität ist hingegen ganz unbrauchbar und sogar gefährlich.

Die galvanometrische Methode wird auch zur Prüfung der Erdleitung verwendet, indem man durch sie die Grösse des Uebergangswiderstandes von der Platte zur Erde bestimmt. Doch sind auch hier keine zur Beurtheilung der Erdleitung ausreichenden Resultate zu erzielen. Ergiebt sich ein zu grosser Uebergangswiderstand, so kann dieser durch sehr verschiedene Ursachen, welche durch die galvanometrische Untersuchung allein nicht erkannt werden können, bewirkt sein. Solche Ursachen können z. B. sein: eine ungenügende Grösse der Platte, zu wenig tiefe Einsenkung in die Erde, also mangelhafte Berührung mit dem Grundwasser, ein mangelhafter Zustand der die Erdplatte mit der oberirdischen Leitung verbindenden unterirdischen Leitung, mangelhafte Verbindung der letzteren mit der Platte u. s. w.

Hieraus ist wohl zur Genüge ersichtlich, dass die galvanometrische Methode allein nicht einmal zur Beurtheilung der Leitungsfähigkeit des Blitzableiters ausreicht, geschweige denn zur Beurtheilung darüber, inwieweit der Blitzableiter in Bezug auf die anderen, wie wir gesehen haben, höchst wichtigen Anforderungen genügt. Man erhält keine Auskunft darüber, ob z. B. die Spitze scharf ist, ob die Leitung richtig dimensionirt, angeordnet und verlegt ist, ob für die Erdleitung die richtige Stelle gewählt wurde, ob allen übrigen localen Verhältnissen des Gebäudes und seiner Umgebung genügend Rechnung getragen wurde u. s. w.

Trotz alledem ist die galvanometrische Methode doch durchaus nicht ganz zu verwerfen, denn zusammengehalten mit anderweitigen Untersuchungen, Beobachtungen, Erkundigungen u. s. w. kann sie ganz gute Dienste leisten und die Beurtheilung einer Anlage wesentlich erleichtern. Vorstehende Bemerkungen über die galvanometrische Methode haben nur den Zweck, vor einer Ueberschätzung ihres Werthes, der man gegenwärtig häufig begegnet, zu warnen.

In welcher Weise die rationelle Prüfung eines Blitzableiters vorzunehmen ist, ergiebt sich, mit Ausnahme in Bezug auf die galvanometrische Methode, wie bereits erwähnt, aus den Angaben über die Herstellung von Blitzableitern in den vorhergehenden Abschnitten, so dass uns also nur mehr erübrigt, der galvanometrischen Methode, beziehungsweise den hierbei benützten Apparaten einige Worte zu widmen. Zur Ausführung dieser Untersuchungen bedarf man einer, wo möglich constanten Elektricitätsquelle (galvanisches Element oder Maschine) eines einfachen Galvanometers, eines Rheostaten und Leitungsdrähte in verschiedenen Längen; hierzu mögen etwa noch Metallplatten kommen, welche zur Herstellung einer Hilfserdleitung Verwendung finden. Da sämmtliche Gegenstände häufig zu transportiren sind, ist bei ihrer Anfertigung und der Zusammenstellung des ganzen Untersuchungsapparates auch darauf Rücksicht zu nehmen. Derartige mehr oder minder zweckmässige Prüfungsapparate wurden von verschiedenen Fabrikanten zusammengestellt, so z. B. von Keiser & Schmidt in Berlin, Gebrüder Siemens, Czeija & Nissl in Wien, W. Fein in Stuttgart u. s. w.

Das von **Keiser & Schmidt**[1]) construirte Galvanometer ist in den Figuren 77 und 78 in perspectivischer Ansicht und schematisch dargestellt. Es besteht aus einer längeren Magnetnadel, welche mittelst Hütchen auf einer Spitze leicht beweglich schwebt und von zwei Stromkreisen umgeben ist; den einen bildet ein Kupferblechstreifen, den anderen ein längerer Kupferdraht. Diese Stromkreise stehen mit einem Vergleichswiderstande *U*, mit zwei Stöpselumschaltern *MRE* und *GWL* und den Klemmschrauben KZB_1 und B_2

Fig. 77.



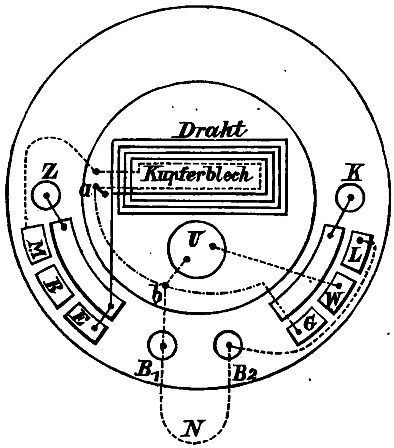
in Verbindung. Der ganze Apparat ist behufs Horizontalstellung mit Stellschrauben versehen.

Der Widerstand der oberirdischen Leitung eines Blitzableiters (von dessen Spitze bis zur Erdoberfläche) soll unter 1 S. E. bleiben. Die Untersuchung, ob diese Anforderung erfüllt ist, wird in folgender Weise ausgeführt. Man befestigt einen Kupferdraht von hinreichender Länge einerseits an einer blanken Stelle der Fangspitze, andererseits in der Klemme B_1 des Galvanometers; ein zweiter Draht wird an jener Stelle, an

[1]) Dingler, Polytechnisches Journal, Bd. 218, p. 29.

welcher die Blitzleitung in die Erde eintritt, mit dieser Leitung metallisch verbunden und in der Klemme B_2 befestigt. Die Poldrähte der Stromquelle, z. B. eines galvanischen Elementes mit geringem Widerstande, verbindet man mit den Klemmschrauben K und Z. Stöpselt man hierauf die Metallstücke L und M der Umschalter, so ist folgender Stromkreis geschlossen: Vom Zinkpole

Fig. 78.



des Elementes aus über Z, M, die Kupferblechwindung nach a, b, B_1, durch die Blitzableiterleitung N nach B_2, L K und zum Kupferpole des Elementes zurück. Ist an keiner Stelle der Blitzableiterleitung die metallische Continuität unterbrochen, so schlägt die Galvanometernadel unter einem gewissen Winkel aus, den man zu notiren hat.

Hierauf entfernt man den Stöpsel aus L und setzt ihn dafür bei W ein; der Stöpsel in M bleibt an seiner

Stelle. Jetzt nimmt der Strom folgenden Weg: Von *Z* über *M*, das Kupferblech *a* und *b* durch den Vergleichswiderstand *U* nach *W* und von hier über *K* zur Stromquelle zurück. Zeigt nun die Magnetnadel denselben Ausschlag, wie früher, so ist der Leitungswiderstand der Blitzableiterleitung gleich 1 S. E., zeigt sie einen geringeren Ausschlag, so ist er grösser, und zeigt sie einen grösseren Ausschlag, so ist er kleiner als 1 S. E.

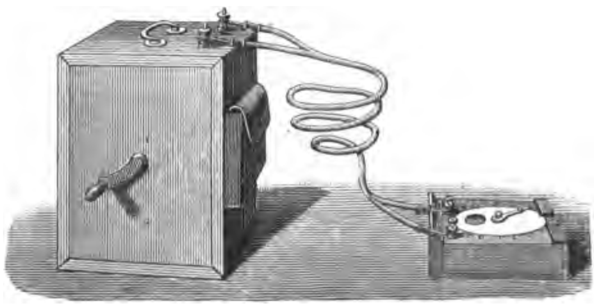
Zur Prüfung des Uebergangswiderstandes in der Erdleitung setzt man an Stelle jener Leitung, welche früher die Blitzableiterspitze mit dem Galvanometer verband, nunmehr eine Hilfserdleitung, indem man eine Metallplatte in einen Fluss oder Brunnen versenkt oder einen Erdbohrer bis in das Grundwasser eintreibt und dann diesen oder die Platte durch einen Kupferdraht mit der Klemme B_1 verbindet. Mit B_2 wird die vorher angegebene Verbindung belassen. Stöpselt man hierauf *E* und *L*, so nimmt der Strom folgenden Lauf: von der Klemme *Z* über *E* durch die Drahtwindungen nach *a*, *b* und B_1, von hier in die Hilfserdleitung *N*, durch die Erde zur Erdplatte des Blitzableiters und dessen Erdleitung nach *L* und zur Polklemme *K*. Zeigt hierbei die Magnetnadel des Galvanometers von Keiser & Schmidt einen Ausschlag von 20 bis 30 Grad, so soll die Erdleitung des Blitzableiters (nach vielfachen praktischen Erfahrungen) entsprechend sein; ein geringerer Ausschlag zeigt eine schlechte Erdleitung an und gar kein Ausschlag den Mangel einer solchen.

Controlversuche zur Bestimmung der Stromstärke des Elementes, beziehungsweise des magnetischen Zustandes der Nadel sind dadurch ermöglicht, dass man bei Entfernung der zum Blitzableiter führenden Leitungen

G stöpselt und gleichzeitig *M* oder *E*. In beiden Fällen ist dann das Galvanometer kurz geschlossen, und zwar bei der Stöpselung in *E* mit Einschaltung der Drahtwindungen und bei Stöpselung von *M* mit Einschaltung des Kupferbleches.

Der Untersuchungsapparat der **Gebrüder Siemens & Cie.** ist in Fig. 79 abgebildet, während die schematische Zeichnung, Fig. 80, dessen Schaltung und Verwendungsweise erläutern soll.[1] Der Apparat besteht aus einer kleinen magnetelektrischen Maschine *M*, welche

Fig. 79.

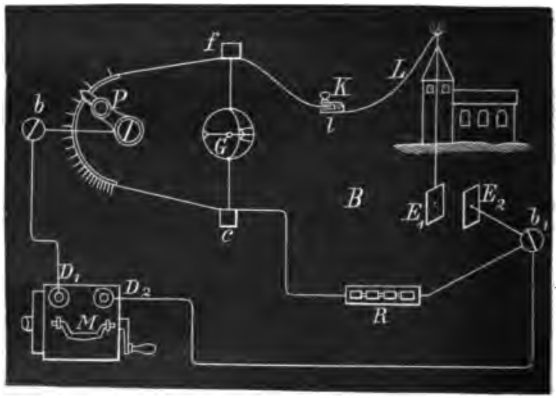


sammt einer Wheatstone'schen Brücke *B* in einem Kasten eingeschlossen ist. Der zur Brücke gehörige getheilte Widerstand ist in Form eines kreisförmig gekrümmten Neusilberdrahtes angebracht, auf welchem der Contact durch den drehbaren Arm *P* hergestellt wird, der auch als Stromwender dient. Zwischen den Klemmen *c* und *f* befindet sich ein kleines horizontales Galvanometer, dessen Nadel durch einen Messingarm innerhalb oder ausserhalb des magnetischen Feldes ge-

[1]) La lumière électrique, XVII, p. 34.

bracht werden kann; ferner ist dem Apparate noch ein Rheostat beigegeben. Von den Polklemmen D_1 D_2 führen Drähte zu den Klemmen b b_1 der Brücke. Mit Hilfe der Klemme K wird bei l die von der Blitzableiterspitze herabkommende Hilfsleitung L angeschlossen, während E_1 E_2 die Erdplatten vorstellen. Eine an der Seite des Kastens befestigte kleine Tasche dient zur Aufbewahrung der Leitungsdrähte. Der ganze Apparat

Fig. 80.



wiegt 4 Kilogramm und ist bei einer quadratischen Grundfläche von 0·152 Meter Seitenlänge 0·229 Meter hoch.

Der Apparat gestattet die Messung von Widerständen von 0·1 bis 500 Ohm und gestattet die directe Ablesung der Widerstände. In Fig. 80 ist die Schaltung derartig gedacht, dass der ganze Blitzableiter von der Spitze bis zur Erdplatte auf einmal auf seinen Widerstand geprüft wird. Will man die oberirdische und die unterirdische Leitung jede für sich prüfen, so hätte man im ersten Falle b_1 mit der Eintrittsstelle der Blitz-

ableiterleitung in die Erde zu verbinden, unter Belassung der Hilfsleitung L, im zweiten Falle die Hilfsleitung L von der Fangspitze zu entfernen und an der Eintrittsstelle der Blitzableiterleitung zu befestigen, während die Verbindung $E_2\, b_1$ aufrecht erhalten werden müsste.

Es sind zwar noch mancherlei Methoden und Apparate zur Prüfung der Blitzableiter vorgeschlagen worden, doch dürfte es nach Vorstehendem genügen, bezüglich jener auf die Fachjournale zu verweisen.

VII. Anhang.

Verschiedene Vereine, Corporationen, Feuerversicherungsgesellschaften u. A. haben sich in Folge der Ueberhandnahme von Schäden, welche durch Blitzschläge herbeigeführt wurden, veranlasst gesehen, Vorschriften zu verfassen, nach welchen bei der Anlage von Blitzableitern vorzugehen ist oder welchen letztere entsprechen müssen, um für das betreffende Object eine Ermässigung der Feuerversicherungsprämie zu erhalten. Da naturgemäss sämmtliche Regeln darauf hinauslaufen, eine rationelle Anlage von Blitzableitern zu empfehlen, sich also nicht wesentlich von einander unterscheiden können, wird es wohl genügen, an dieser Stelle nur eine derartige Vorschrift wiederzugeben. Es wurden, weil besonders beachtenswerth, hierzu jene Regeln gewählt, welche die schweizerische Commission für Meteorologie durch ihre Mitglieder H. F. Weber, R. Billwiller und H. Dufour ausarbeitete und in einer

Sitzung im November 1884 genehmigte.[1]) Diese Regeln lauten:

I. Wenn eine elektrische Entladung zwischen einer Wolke und der Erde statthat, wird diese Entladung, welche sich gewöhnlich in der Form des Blitzes zeigt, den Weg einschlagen, welcher den geringsten Widerstand darbietet. Auf diese der Beobachtung entnommene Thatsache hat man sich bei der Erklärung der Nützlichkeit der Blitzableiter zu stützen.

II. Ein Blitzableiter wird gebildet aus einer oder mehreren Metallstangen, die das zu schützende Gebäude überragen und untereinander und mit der Erde durch ein System von metallenen Leitern verbunden sind. Wenn der Blitzableiter gut construirt ist, so bietet er dem Durchgange der Entladung einen geringeren Widerstand, als dies jeder andere Theil des Gebäudes thut.

III. Man unterscheidet an einem Blitzableiter folgende drei Theile:

1. Das System der Stangen (Auffangestangen), die das Gebäude überragen;
2. Das System der Leitungen, welche bis in den Erdboden führen, und
3. die Verbindungen dieser Leitungen mit dem Boden.

IV. Die Auffangstange des Blitzableiters ist von Eisen, die Höhe derselben hängt sowohl von der Art und Form des zu schützenden Gebäudes ab, als von der Zahl der Stangen, welche man errichten will. Man kann annehmen, dass ein gewöhnliches Gebäude, bei welchem die Länge der Dachfirst 15 Meter nicht über-

---

[1]) Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin, VI, p. 112; auch La lumière électrique, T. XV, p. 429.

schreitet, durch eine an der Mitte angebrachte Stange von 5 Meter geschützt werden kann. Im Falle, wo die Länge der Dachfirst 15 Meter überschreitet, muss man zwei oder mehrere Stangen in einer Entfernung von einander, die nicht das Vierfache ihrer Höhe übersteigt, anbringen; die zwei zunächst den äussersten Enden des Gebäudes stehenden Stangen sollen indessen jederzeit sich nicht in einer grösseren Entfernung von diesen Enden befinden, als das Anderthalbfache ihrer Höhe beträgt. Im Allgemeinen ist es, wenn dem architektonische Bedingungen nicht widersprechen, vortheilhafter, die Zahl der Stangen zu vermehren, als die Höhe derselben zu vergrössern. Es ist wichtig, die Zahl der Stangen zu vergrössern bei denjenigen Gebäuden, welche in ihrem Innern grosse Metallmassen enthalten.

V. Die Auffangstange muss sehr sorgfältig auf dem Sparrwerke befestigt werden. Um das Eindringen des Regenwassers zu vermeiden, welches am Fusse der Stange in das Gebälk einsickert und dasselbe verfaulen lässt, bringt man an dem Fusse einen Metallkegel, in Form eines umgedrehten Trichters an, welcher sorgfältig an die Stange angelöthet ist.

VI. Am oberen Ende der Stange befindet sich eine verzinkte Eisenspitze oder man schraubt auch wohl auf ihr Ende eine vergoldete oder vernickelte Kupferspitze auf. Diese Spitze muss dick sein, kegel- oder pyramidenförmig; der Winkel der Spitze darf nicht zu spitz sein. Wenn man auf der Stange eine Spitze aus einem anderen Metall befestigt, so muss das Ende der Stange mit einem Schraubengewinde versehen sein, welches in die innere Höhlung des Kegels bis auf deren

Grund hineintritt. Man kann auch die Eisenstange selbst zuspitzen lassen und 30 Centimeter von ihrem äussersten Ende 3 bis 5 Eisenspitzen von ungefähr 20 Centimeter Länge annieten lassen, welche von der mittleren Stange aus auslaufen; die so gebildete sternförmige Spitze wird sehr stark verzinkt.

VII. Der Leiter stellt eine zusammenhängende metallische Verbindung her zwischen dem Fusse der Stange und dem Erdboden. Der beste Leiter ist das Kupfer; man verwendet für eine einzige Stange zwei Kupferdrähte von 5 Millimeter Durchmesser oder man kann auch zwei Eisendrähte von 8 Millimeter Durchmesser benützen. Diese Leiter gehen, nachdem sie über zwei verschiedene Theile des Gebäudes hingeführt worden sind, nach der Erde herab. Wenn man nur einen Leiter verwenden will, so muss man einen Kupferdraht von ungefähr 8 Millimeter Durchmesser oder einen Eisendraht von 12 Millimeter Durchmesser nehmen, wenn es sich um Rundeisen handelt, oder 1 Quadratcentimeter Querschnitt, wenn es sich um kantiges Stabeisen handelt. Bei den eben genannten Zahlen ist vorausgesetzt, dass das Kupfer der Leiter ein Leitungsvermögen von 70 Procent desjenigen des reinen Kupfers hat. Wenn man einen Leiter aus zusammengenieteten Eisenstangen herstellt, so müssen die Nietstellen alle verlöthet sein; die Anwendung von Bleiplatten zwischen den vernieteten Theilen ist schlecht und macht in keinem Falle das Verlöthen entbehrlich. Welches System auch angewendet werde, stets muss man bedenken, dass es von der grössten Wichtigkeit ist, dass der metallische Leiter zusammenhängend sei. Die Anwendung von Metallseilen aus Kupfer- oder Eisendraht ist

nur nützlich, wenn man sich nicht genietete und gelöthete massive Leiter verschaffen kann; in diesem Falle müsste das Seil aus einem einzigen Stücke bestehen. Messingseile dürfen nicht verwendet werden.

VIII. Der Leiter muss sorgfältig mit der Stange verbunden werden; man kann ihn zwischen zwei Schraubenmuttern fest an sie anlegen. Die Verbindungsstelle muss verlöthet werden; in keinem Falle darf man ein Seil an der Stange eines Blitzableiters mittelst einer einfachen Schleife befestigen.

IX. Wenn sich mehrere Stangen auf dem Gebäude befinden, so werden sie untereinander mittelst eines längs der First hinlaufenden Leiters verbunden, woran diejenigen Leiter befestigt werden, welche zur Erde hinabführen. Die Zahl der letzteren muss mit der Zahl der Spitzen wachsen; man kann folgendes Verhältniss annehmen: Für zwei bis sechs Stangen braucht man drei solcher Leiter, wie sie in VII. vorgeschrieben sind, für sechs bis neun Stangen vier Leiter und von dieser Zahl ab fügt man je einen Leiter für drei Stangen hinzu. Alle Metalltheile der Oberfläche des Gebäudes werden mit den nach der Erde herabgehenden Leitern verbunden; es ist ferner zu vermeiden, diese herabführenden Leitungen sehr nahe an Fenstern und Balkonen vorbeizuführen. Im Falle, dass sich grosse Metallmassen im Innern des Gebäudes befinden, verbindet man dieselben an ihren beiden äussersten Enden mit den zur Erde führenden Leitern. In der Nähe des Erdbodens wird der Leiter durch eine Eisenröhre oder Holzverschalung gegen jede Beschädigung geschützt; dieser Schutz hat sich bis auf 2 Meter über dem Boden zu erstrecken. Der Leiter wird am Dach und an den

Mauern mit Eisenklammern befestigt; es ist wichtig, denselben bei der Legung nicht stark zu dehnen.

X. Der Contact des Leitungsnetzes mit dem Boden ist einer der wichtigsten Theile der Anlage eines Blitzableiters. Wenn sich in der Nähe des Gebäudes eine wichtige und ganz metallische Leitung für Wasser oder Gas befindet, so legt man den Leiter des Blitzableiters an diese Leitung. Zu diesem Zwecke muss der Leiter, nachdem das Metall blossgelegt worden ist, mehreremale um das Rohr gewickelt und auf eine grosse Erstreckung verlöthet werden. Dann wird die Löthstelle mit Firniss oder Theer überstrichen.

Wenn keine Gas- oder Wasserleitung da ist, kann man den Leiter in den unteren Theil einer metallenen Pumpe führen, wenn eine solche in der Nähe vorhanden ist, unter der Bedingung, dass das Steigrohr der Pumpe in einer Grube steht, welche nicht cementirt ist. Bei Abwesenheit jeder an steter Verbindung mit dem nassen Boden oder dem Wasser stehende Metalloberfläche stellt man für jeden Leiter eine Erdplatte her. Diese Platte soll eine möglichst grosse, in Contact mit dem nassen Boden oder dem Wasser stehenden Metalloberfläche darbieten. Man kann eine gute Erdplatte herstellen mittelst einer Platte von 1 Quadratmeter Oberfläche aus verzinktem Eisenbleche, wenn der Leiter aus Eisen ist, oder aus Kupfer, wenn der Leiter aus Kupfer ist; diese Platte ist wenigstens zwei Meter von dem Gebäude entfernt in die Erde einzugraben, und zwar an der am gleichmässigsten feucht bleibenden Stelle, welche man auffinden kann. Anstatt einer Eisenblechplatte kann man auch ein Wasserleitungsrohr, das 1 Quadratmeter Oberfläche besitzt, anwenden; die Ausschussrohre sind

zu diesem Zwecke gut zu verwenden. Der Leiter muss an mehreren Stellen mit der Platte verlöthet werden. Ein über dem Punkte, wo die Platte liegt, angebrachtes Merkzeichen dient dazu, dieselbe leicht wiederzufinden. Wenn der Blitzableiter fertiggestellt ist, so wird es zu prüfen sein, ob er in allen seinen Theilen gut ausgeführt ist. Man muss ferner auch alle drei Jahre wenigstens untersuchen, ob er sich gut erhalten hat. Wenn der Blitzableiter vom Blitze getroffen wird, muss man sofort nachsehen, ob er dabei nicht etwa beschädigt worden ist.

Namenregister.

Sachregister.

Die Elektricität
im Dienste der Menschheit.

Eine populäre Darstellung der magnetischen und elektrischen Naturkräfte und ihrer praktischen Anwendungen.
Nach dem gegenwärtigen Standpunkte der Wissenschaft bearbeitet
von Dr. Alfred Ritter von Urbanitzky.

Mit 830 Illustrationen. 70 Bogen. Gross-Octav. Geheftet 6 fl. = 10 M. 80 Pf.
In Original-Prachtband gebunden 7 fl. 20 kr. = 13 Mark.

Die physikalischen Grundsätze der elektrischen Kraftübertragung. Eine Einleitung in das Studium der Elektrotechnik von Josef Popper. Mit einer Figurentafel. 4 Bogen. Gr.-Octav. Geh. 80 Kr. = 1 M. 50 Pf.

Elektrische Erscheinungen und Theorien. Kurzer Abriss eines Curses von sieben Vorlesungen, abgehalten in der Royal Institution of Great Britain von John Tyndall. Mit des Autors Bewilligung in das Deutsche übertragen von Joseph v. Rosthorn. 7 Bog. Oct. geb. 1 fl. = 1. M. 80 Pf.

Das elektrische Potential oder Grundzüge der Elektrostatik. Von A. Serpieri, Prof. der Physik an der Universität u. d. Lyceum zu Urbino. Aus dem Italienischen in das Deutsche übertragen von Dr. R. v. Reichenbach. Autorisirte Ausg. Mit 44 Abbild. 16 Bog. Oct. Geh. Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

Die atmosphärische Elektricität. Von Luigi Palmieri. Mit Zustimmung des Verfassers aus dem Italienischen übersetzt von Heinr. Discher, k. k. Telegraphen-Official. Mit 8 Abbild. 4 Bog. Oct. Geh. Preis 50 Kr. = 1 Mark.

Die mechanischen, elektrostatischen und elektromagnetischen absoluten Maasse, mit Anwendung auf mehrfache Aufgaben. Elementar abgehandelt von Prof. A. Serpieri. Deutsch von Dr. R. v. Reichenbach. Autorisirte Ausgabe. 10 Bogen. Octav. Geheftet. Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark.

Vorträge über Elektricität. Von John Tyndall. Mit des Autors Erlaubniss in das Deutsche übertragen von Joseph v. Rosthorn. Mit 58 Abbildungen. 10 Bogen. Octav. Elegant gebunden. Preis 1 fl. 20 kr. = 2 M. 25 Pf.

Internationale Elektrotechnische Zeitschrift
und Bericht über die
ELEKTRISCHE AUSSTELLUNG IN WIEN 1883.

REDACTION:

JOSEF KRÄMER und **Dr. ERNST LECHER**

Ingenieur, Telegraphen-Vorstand der Kaiser Franz Josef-Bahn in Wien. — Assistent am physikalischen Laboratorium der Universität in Wien.

400 Seiten Quartformat. Mit 500 Abbildungen und einem Plane der Ausstellung.
Elegant gebunden. Preis 6 fl. = 12 Mark.